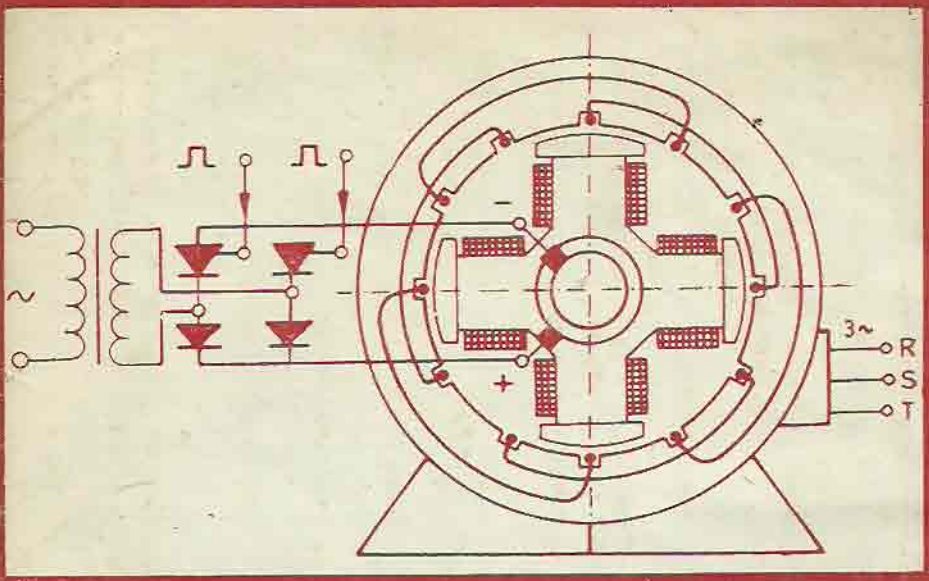


Electrotehnica de la a la Z

Editura Științifică și Enciclopedică

AUTORI :

Conf. univ. dr. ing. EMIL MICU
Conf. univ. dr. ing. VASILE ISAC
Ing. DANA LYDIA MICU
Ing. VASILE ȘALAPA

REFERENȚI ȘTIINȚIFICI :
Prof. univ. dr. ing. C. SAAL
Dr. ing. M. SLĂNINĂ

Redactare și coordonare lexicografică :
ing. CARMEN ZGĂVÂRDICI

EMIL MICU
(coordonator)

Electrotehnica de la A la Z

- Baze teoretice
- Mașini, aparate, măsurări
- Acționări, tracțiune
- Electroenergetică
- Conversie directă a energiei
- Utilizări ale energiei electrice

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ
București, 1985

Coperta și supracoperta :
ION MINCU

PREFAȚĂ

A prezenta într-un singur volum aspectele teoretice și aplicațiile practice dintr-un domeniu atît de vast ca electrotehnica este pe cît de temerar, pe atît de dificil. Selectarea și condensarea unui material, care obișnuit face obiectul a zeci de cărți și tratate, sînt, de asemenea, foarte laborioase. Este meritul colectivului de elaborare, a coordonatorului, cadre cu îndelungată activitate în producție și la catedră, autori ai unor cărți de specialitate și lucrări de cercetare aplicate în industrie, că a reușit să prezinte, exhaustiv și sistematic, noțiunile de electrotehnică teoretică, echipamentele electrice, tehnologiile actuale, constantele materialelor și caracteristicile mașinilor.

Lucrarea tratează succint principalele probleme teoretice legate de fenomenele electrice și magnetice în regim static și variabil, legile electrotehnicii, teoremele și metodele de calcul, mărimile și unitățile de măsură aferente, principiile măsurărilor electrice și magnetice, aparatele de măsurat, materialele electrotehnice uzuale, aparatele electrice de joasă și înaltă tensiune, tipurile de centrale, linii și stații electrice, posibilitățile de conversie a energiei primare în energie electrică, mașinile electrice, transformatoarele, mutatoarele, acționările electrice, tracțiunea electrică, instalațiile de utilizare a energiei electrice, utilajele electrotermice, electrochimice și electrometalurgice, iluminatul electric, protecția prin relee, protecția echipamentelor față de acțiunea mediului, protecția contra tensiunilor accidentale.

Atît teoria, cît și aplicațiile practice, prezentate în peste 1500 articole, ordonate alfabetic pentru accesul rapid la informație, sînt tratate cu simț practic, ingineresc și în același timp riguros științific, apelîndu-se, unde este nevoie, la cunoștințe de matematici superioare, cum este cazul descrierii legilor generale ale electrotehnicii cu ajutorul analizei vectoriale. Particularizările făcute răspund celor mai diverse probleme puse de practica industrială din domeniul „curenților tari". În mod deliberat nu au fost tratate, sau au fost doar amintite, procedeele

și echipamentele învechite. Informația este „adusă la zi", cititorul găsind date utile și interesante despre cele mai noi tehnici și metode utilizate în electrotehnică, cum sînt, bunăoară, supraconductivitatea, materialele electrotehnice moderne și tehnologiile neconvenționale, soluțiile noi din electroenergetică și conversia directă a energiei, dispozitivele semiconductoare de putere și mutatoarele electronice.

Ilustrația lucrării, selectată atent, urmărindu-se aspectul practic al utilizării ei, completează informația prezentată în articole. Prin ilustrația bogată, funcțională și riguros științifică, s-a urmărit, mai ales, creșterea accesibilității cărții.

Lucrarea urmărește să consacre terminologia în domeniu, să contribuie la fixarea corectă a termenilor electrotehnici, în special a celor de dată mai recentă.

Cele peste 70 de articole conținînd datele biografice ale unor personalități din țară și străinătate și contribuția lor la dezvoltarea electrotehnicii, întregesc imaginea de ansamblu a evoluției, foarte rapide, a unei discipline tehnice de vîrf. Cititorul este informat despre nivelul tehnic atins în prezent, pe plan mondial, despre perspectivele electrotehnicii și despre dezvoltarea, din ultimii ani, a electroenergeticii și industriei electrotehnice din țara noastră, ale cărei produse devin competitive cu echipamente fabricate în lume de firme prestigioase și cu tradiții în acest domeniu.

Lucrarea prezentată oferă unui cerc larg de cititori un material vast, cu multe informații utile și moderne. Ea va interesa, cu siguranță, în aceeași măsură tineretul studios și specialiștii, oferindu-le un auxiliar prețios în studiu sau în activitatea productivă.

Dr. ing. FLORIN TEODOR TĂNĂSESCU
director general al Institutului Central de Cercetări pentru Mașini Unelte, Electrotehnică și Electronică

A

a (atto) → **unități de măsură.**

A → **amper.**

AAR → **anclanșare automată a rezervei.**

abatere, diferența dintre valoarea măsurată și valoarea prescrisă pentru o mărime fizică. În sistemele de reglare automată, a. servește ca mărime de comandă.

ac aerian, dispozitiv care permite bifurcarea firelor de contact, asigurînd trecerea captatorului de curent al vehiculelor acționate electric fără întreruperea contactului (→ *macaz aerian*).

acționare electrică, sistem de conversie a energiei electrice în energie mecanică, avînd sau nu control al unor parametri electrici sau mecanici. **A.e.** se face cu motoare electrice, care absorb energia electrică de la rețea și o transformă în energie mecanică, pe care o cedează pe la arbore mașinii de lucru. Diferența dintre energia electrică consumată și energia mecanică utilă reprezintă → *pierderile electrice* și mecanice de energie, care se transformă, ireversibil, în căldură. Peste 50% din energia electrică produsă în centrale se transformă în energie mecanică, cu ajutorul sistemelor de **a.e.** Puterea **a.e.** este cuprinsă între 10^{-3}W și 10^{7} W. După numărul de motoare electrice și mașini de lucru acționate, se deosebesc: *a.e. de grup*, la care un grup de mașini (de ex., mașinile unelte dintr-un atelier) sînt acționate, prin curele, de un singur motor (nu se mai folosesc, fiind ineficiente și neraționale); *a.e. individuale*, la care un singur motor acționează o singură mașină de lucru; *a.e. cu mai multe motoare*, la care fiecare mecanism al mașinii de lucru are motorul său, încît se poate realiza o automatizare complexă a procesului de lucru. Sistemele de **a.e.** pot fi *principale* (de ex., acționarea universalului la strung sau a valțurilor la laminoare) și *auxiliare* (de ex., acționarea dispozitivelor de avans la mașini unelte sau transportul semifabricatelor la laminoare). Dacă turația motorului electric poate fi modificată după voie, **a.e.** sînt *reglabile*. După gradul de complexitate, **a.e.** pot fi: *convenționale* (nereglabile, cu comandă manuală); *automatizate* și *complexe*. În cazul cel mai general **a.e.** este un sistem închis (fig. 1) care cuprinde: motorul electric de acționare, *ME*, mașina de lucru, *ML*, cuplajul cu reductorul mecanic, *T*, instalația de alimentare de la rețea cu mutatorul de modificare a parametrilor energiei electrice (tensiune, frecvență), *M*, instalația de comandă și reglare automată cu elementul de măsură, *TG*, dispozitivul de prescriere, *P*, care dă valoarea impusă mărimii de reglat (de obicei, turația), comparatorul, *C*, amplificatorul, *A*, iar în cazul mutatoarelor cu tiristoare și dispozitivul de → *comandă pe grilă*, DCG. **A.e.** sînt caracterizate de următoarele mărimi: cuplul la arborele motorului, turația, randamentul, factorul de putere (la alimentarea în curent alternativ), supraîncărcabilitatea mecanică și cea termică, calitățile dinamice, stabilitatea, domeniul de reglare a turației și precizia reglării. Principala caracteristică de funcționare a unui sistem de **a.e.** este *caracte-*

ristica mecanică, care dă dependența dintre cuplu și turație (sau viteza unghiulară), $M = f(n)$ sau $M = f(\Omega)$. În funcție de sensul vitezei unghiulare și al cuplului, a.e. pot fi *într-un singur cadran* sau *în mai multe cadrane*. La

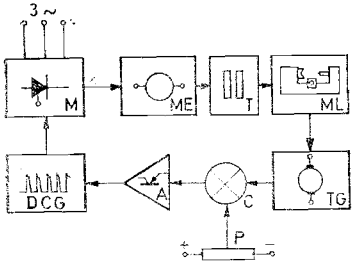


Fig. 1

a.e. într-un singur cadran, sensul turației și al cuplului nu se schimbă (de ex. la pompe și ventilatoare), a.e. fiind *nereversibilă*. La a.e. în mai multe cadrane (fig. 2), sensul uneia sau al ambelor mărimi se poate inversa. La frînarea cu recuperare a unui vehicul acționat electric sensul turației se păstrează, dar sensul cuplului se inversează, astfel că punctul de funcționare a acționării trece din cadranul I în cadranul II. La frînarea prin conectare inversă a unui mecanism de ridicat, sensul cuplului se menține, iar sensul turației se inversează (trecere din cadranul I în IV). A.e. la care se poate obține inversarea cuplului și a vitezei unghiulare este *reversibilă*. Un laminor reversibil, de ex., lucrează în toate cele 4 cadrane. În cadranele I și III regimul de funcționare este de *motor*, deoarece produsul dintre cuplu și viteza unghiulară (puterea mecanică) este pozitiv, motorul dezvoltă putere mecanică la arbore. În cadranele II și IV acest produs este negativ, motorul primește energie mecanică la arbore și o transformă în energie electrică; regimul de funcționare este de *generator*, cînd energia electrică este cedată rețelei (frînare cu recuperare) sau unei rezistențe (frînare dinamică), și de *frînă*, cînd motorul absoarbe atît energie electrică de la rețea, cît și energie mecanică la arbore, pe care le disipă, sub formă de căldură, pe rezis-

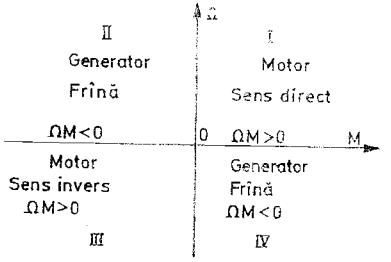


Fig. 2

tențele înfășurării motorului și pe rezistoarele de frînare (→ *frînare electrică*). Cele mai utilizate motoare electrice în acționări sînt → *motoarele asincrone* (peste 95% din puterea instalată în a.e.). Se mai folosesc motoare: sincrone, de curent continuu, de curent alternativ cu colector, liniare, pas cu pas, precum și unele motoare speciale. Caracteristicile mecanice ale motoarelor electrice de acționare (fig. 3) pot fi: *rigide*, la care turația variază puțin cînd crește încărcarea motorului (de ex., la motoare asincrone sau de curent continuu cu excitație în derivație); *elastice (moi)*, la care turația scade mult cu creșterea cuplului rezistent la arbore (de ex., la motoare de curent continuu cu excitație în serie); *absolut rigide (sincrone)*, la care turația nu variază cu încărcarea, fiind riguros constantă dacă frecvența tensiunii de alimentare nu se modifică (la motoare sincrone). Mașinile acționate (mașinile de lucru) pot avea cuplul rezistent constant, independent de viteza unghiulară (de ex., la mașini de ridicat), sau cuplu variabil, dependent de viteză (ventilatoare, pompe centrifuge), dependent de unghiul de rotire (pompe și compresoare

cu piston, mașini cu mecanism bielă-manivelă), dependent de drumul parcurs (vehicule acționate electric), sau

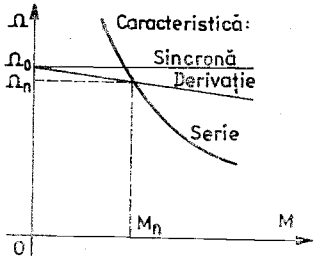


Fig. 3

cuplu variabil în timp. În fig. 4 sînt prezentate 3 caracteristici mecanice tipice ale mașinilor de lucru. În regim staționar, cînd viteza acționării rămîne constantă, cuplul motor este egal cu cuplul rezistent al mașinii de lucru (→ *ecuația mișcării*), iar punctul de funcționare, în planul de coordonate viteză unghiulară-cuplu, se află la intersecția caracteristicii mecanice a motorului de acționare cu caracteristica mecanică a mașinii de lucru. Regimul nestaționar, caracterizat de viteză variabilă în timp, apare la pornirea, frînarea, încărcarea sau descărcarea motorului, precum și la reglarea turației. În regim nestaționar motorul electric este mult mai solicitat din punct de vedere termic decît în regim staționar, motiv pentru care durata proceselor tranzitorii trebuie să fie cît mai redusă, fără a se depăși, însă, valorile limită admisibile pentru curent, cuplu sau accelerație. De frecvența regimurilor tranzitorii se ține seama la alegerea motoarelor de acționare (→ *serviciu de funcționare*). Principalul criteriu de stabilire a puterii nominale a motorului electric îl constituie încălzirea acestuia, care trebuie să corespundă → *clasei de izolație* a înfășurării. Un motor de putere prea mare este scump, are gabarit mare și indicatori energetici (randament și factor de putere) de valoare

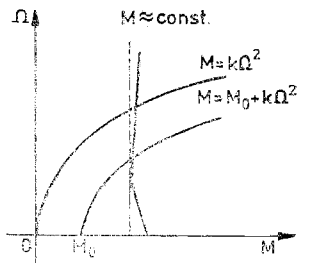


Fig. 4

redusă, datorită încărcării insuficiente a motorului. Motoarele subdimensionate se supraîncălzesc, iar durata mare a proceselor tranzitorii micșorează productivitatea. (→ *comandă automată a acționărilor electrice*, → *reglare automată a acționărilor electrice*).

acumulator, element galvanic reversibil utilizat la înmagazinarea energiei electrice. La încărcarea a. energia electrică de curent continuu se transformă în energie chimică, iar la descărcare, aceasta este transformată din nou în energie electrică și restituită parțial receptorului conectat la bornele a. Diferența dintre energia electrică înmagazinată la încărcare și cea restituită la descărcare (pierderea de energie) se consumă pentru transformările chimice ireversibile și pentru încălzirea a. Cele mai importante a. pentru practică sînt *a. cu plumb* sau *acide* și *a. alcaline (fero-nichel* și *nichel-cadmiu)*. *A. cu plumb* (construit pentru prima oară în 1859, de G. Planté) are electrozii de plumb, iar ca electrolit acid sulfuric diluat (densitate 1,15...1,28 g/cm³, în funcție de gradul de descărcare). În stare încărcată, plăcile negative sînt acoperite cu plumb poros de culoare cenușie, iar cele pozitive, cu dioxid de plumb (PbO_2) de culoare brună. La descărcare, ambele substanțe active se transformă în sulfat de plumb ($PbSO_4$) de culoare albă, după reacția dublei sulfatări: $Pb + PbO_2 +$

$$+2\,H_2SO_4 \underset{\text{încărcare}}{\overset{\text{descărcare}}{\rightleftarrows}} 2\,PbSO_4 + 2\,H_2O.$$

În timpul încărcării tensiunea crește de la 2 la 2,5 V pe element. La descărcare, tensiunea la borne se menține un timp la valoarea de 2 V pe element, după care începe să scadă rapid. Nu este recomandabil să se folosească a. după ce tensiunea a început să scadă și în nici un caz sub 1,8 V, deoarece se produce sulfatarea ireversibilă a plăcilor, formîndu-se un produs rău conductor. În timpul descărcării concentrația electrolitului scade de la 26...30 grade Bé (1,225... ...1,28 g/cm³) la 16...18 grade Bé (1,12...1,15 g/cm³). Zero grade Baumé reprezintă apă pură, 66 grade Baumé, acid sulfuric pur. Datorită rezistenței interioare mici, a. cu plumb este capabil să furnizeze curenți mari, fiind folosit frecvent la pornirea autovehiculelor. Nu pot suporta însă curenții de scurtcircuit, de valoare mare, deoarece se produc ușor deformări ale plăcilor. A. cu plumb au următoarele caracteristici: randament 60...80 %; → *capacitate* specifică cca 30 Ah/kg; energie specifică acumulată 33 Wh/kg, respectiv 63 Wh/dm³. *A.fero-nichel* (inventat de Th. A. Edison în 1914) are ca electrolit hidroxidul de potasiu sau de sodiu, iar ca electrozi, fierul și oxidul de nichel. *A.cadmiu-nichel,* utilizate în prezent în locul a. fero-nichel, au un randament mai bun (cca 60 % față de 50...55 %). Procesele chimice decurg după reacțiile: $2\,NiOOH + Cd + 2\,H_2O \underset{\text{încărcare}}{\overset{\text{descărcare}}{\rightleftarrows}} 2\,Ni(OH)_2 + Cd(OH)_2$.

Caracteristici: tensiunea la borne 1,35...1,45 V, în gol, și 1,1...1,3 V, la descărcare; capacitatea specifică cca 45 Ah/kg, energia specifică 25 Wh/kg respectiv 54 Wh/dm³. Față de a. cu plumb, a. nichel-cadmiu este mai robust, poate suporta descărcări rapide, nu necesită întreținere, dar are rezistența interioară de cca 4 ori mai mare. Autodescărcarea sa este mult mai mică, deci poate fi depozitat timp mai îndelungat. *A.argint-zinc* (inventat, în 1941, de H. André) are electrodul pozitiv confecționat din argint acoperit cu peroxid de argint (Ag_2O_2), electrodul negativ din zinc spongios, iar ca electrolit, o soluție apoasă de hidroxid de potasiu. Funcționează după reacția: $Ag_2O_2 + 2\,Zn + 2\,H_2O \underset{\text{încărcare}}{\overset{\text{descărcare}}{\rightleftarrows}} 2\,Ag + 2\,Zn(OH)_2$ și are următoarele caracteristici: tensiunea de mers în gol 1,8 V; tensiunea de descărcare 1,5 V; energia specifică 100...120 Wh/kg, respectiv 190...220 Wh/dm³. Față de celelalte tipuri, a. argint-zinc are o durată de funcționare mai mică, dar tensiunea este mult mai constantă în timpul descărcării, autodescărcarea este mult mai mică, iar energia specifică considerabil mai mare. A. alcaline (a. nichel-cadmiu și a. argint-zinc), spre deosebire de a. acide (a. cu plumb), pot funcționa în condiții grele de exploatare, unde se cere robustețe, volum mic și întreținere simplă (de ex., la aparatele transportabile). Acționarea electrică a vehiculelor (electromobile, electrobuze, vagoane motoare cu a., electrocare, locomotive de mină etc.) a impulsionat crearea de noi tipuri de a., cu greutate specifică mai mică și randament ridicat: *a.sodiu-sulf, a.zinc-aer, a.litiu-clor* (de ex., *a. cu electrolit solid sodiu beta-alumină* are la aceeași capacitate o greutate de 4 ori mai mică decît a a. clasice).

adaptare, modificare a impedanței pentru obținerea unei puteri transmise maxime. Un receptor este adaptat la sursă atunci cînd impedanțele lor sînt egale. La joncțiunea a doi → *cuadripoli* a. face ca impedanța de ieșire a primului cuadripol să fie egală cu impedanța de intrare a celui de al doilea cuadripol. În cazul liniilor de telecomunicații (→ *linii lungi*), linia este *adaptată* sau funcționează în *regim caracteristic* atunci cînd este

conectată pe o impedanță egală cu impedanța sa caracteristică. La propagarea undelor electromagnetice de-a lungul liniilor de transmisie, a. împiedică reflexia energiei electromagnetice și apariția undelor staționare, care produc pierderi de energie.

aderență, fenomen care permite dezvoltarea unei forțe de tracțiune la periferia roților motoare ale vehiculelor și împiedică alunecarea acestora pe calea de rulare. Coeficientul de a. reprezintă raportul dintre forța tangențială maximă dezvoltată de o pereche de roți motoare și greutatea suportată de perechea respectivă de roți. Coeficientul de a. depinde de starea suprafeței căii de rulare și de construcția vehiculului, precum și de viteza sa (la viteze mari, a. scade). La pierderea a. se produce patinarea roților. Dacă este necesară dezvoltarea unor forțe de tracțiune superioare celei corespunzătoare a. normale (demarare în → *rampă* sau pe șine umede) la locomotivele electrice se prevăd *nisipare,* care distribuie nisip sub roți pentru mărirea a. și evitarea patinării.

adîncime de pătrundere, mărime de calcul utilizată la studiul pătrunderii cîmpului electromagnetic în medii conductoare, egală cu grosimea la care intensitatea cîmpului magnetic descrește de $e = 2{,}71828$ ori față de valoarea de la suprafața conductorului. Densitatea curentului de conducție, produs prin inducție electromagnetică, în cazul pătrunderii în conductoare a unui cîmp magnetic exterior variabil, precum și densitatea curentului de aducție, în cazul conductoarelor străbătute de curent alternativ, sînt maxime la suprafața conductorului și descresc înspre exterior (→ *efect pelicular)* după o relație exponențială $J = J_0 \exp(-x/\delta)$. **A. de p.** reprezintă grosimea δ a conductorului, în care, dacă densitatea de curent ar fi constantă și egală cu $J_0/\sqrt{2}$, s-ar disipa aceeași energie prin → *efect Joule* ca și energia disipată la repartiția reală (exponențială) a densității de curent. **A. de p.** se determină cu relația $\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = 503\sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}$, în m, în care $\omega = 2\pi f$ este pulsația, f — frecvența, Hz, $\mu = \mu_r \mu_0$ — permeabilitatea magnetică, H/m, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m — permeabilitatea magnetică a vidului, μ_r — permeabilitatea magnetică relativă, $\sigma = 1/\rho$ — conductivitatea, $\Omega^{-1}m^{-1}$; ρ — rezistivitatea conductorului, Ωm. **A. de p.** se utilizează la calculul încălzirii prin inducție electromagnetică la cuptoare de topire sau instalații de tratamente termice și deformări plastice la cald. În tabelul 1 sînt prezentate valorile **a. de p.** pentru cîteva materiale la care se aplică încălzirea prin inducție, la cele mai utilizate frecvențe. Valorile diferite ale **a. de p.** la diferite temperaturi se explică prin modificarea valorilor rezistivității și permeabilității magnetice cu temperatura. La oțel, peste punctul Curie (730...760°C) se produce o transformare magnetică, μ_r scade la valoarea 1 (oțelul devine diamagnetic), iar **a. de p.** face un salt spre valori mari.

admitanță (Y), mărime egală cu inversul → *impedanței Z* a unui circuit de curent alternativ în regim sinusoidal. Valoarea numerică a a. este $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$, unde G reprezintă → *conductanța,* iar B → *susceptanța* circuitului. Dacă impedanța unui circuit cu parametri concentrați este, în reprezentare complexă, $\underline{Z} = R + jX$, a. circuitului este $\underline{Y} = 1/\underline{Z} = G - jB$, unde $G = R/Z^2$, $B = X/Z^2$ (B este pozitiv la receptoare inductive și negativ la receptoare capacitive). În regim nesinusoidal (deformant), a. trebuie definită pentru fiecare armonică a tensiunii de alimentare. Unitatea de măsură este *siemens,* S.

Aepinus, Franz Maria Ulrich Theodor Hoch (1724—1802), fizician german. Preocupări în domeniul electricității, magnetismului, opticii. A construit un condensator plan și a perfecționat

Tabelul 1

Adîncimea de pătrundere δ a cîmpului electromagnetic în metale la diferite frecvenţe şi temperaturi, mm.

Materialul		Oţel		Cupru		Alamă		Aluminiu	
Temperatura, °C		20	1000	20	1000	20	850	20	600
Rezistivitatea, $\rho \times 10^{-8}$ Ωm		10	130	2	10	7	14,7	2,9	11,3
Permeabilitatea magnetică relativă, μ_r		60	1	1	1	1	1	1	1
Frecvenţa curentului, Hz	50	2,8	81,5	9,5	23,5	18,7	27,4	12,0	24,0
	1 000	0,64	19,0	2,1	5,1	4,2	6,1	2,7	5,4
	2 500	0,40	12,0	1,34	3,3	2,57	3,86	1,7	3,4
	8 000	0,22	6,7	0,75	1,8	1,48	2,16	0,95	1,7
	70 000	0,07	2,21	0,25	0,55	0,45	0,66	0,31	0,60
	150 000	0,05	1,55	0,16	0,39	0,32	0,47	0,21	0,42
	250 000	0,04	1,20	0,13	0,32	0,26	0,39	0,17	0,34
	500 000	0,03	0,85	0,095	0,30	0,19	0,27	0,12	0,24

microscopul. A descoperit → *piroelectricitatea* turmalinei.

agitator inductiv, dispozitiv electromagnetic de amestecare a băii de metal topit din cuptoarele electrice cu arc. A.i. funcţionează pe principiul → *motorului liniar* asincron. Este format dintr-un stator în formă de arc (fig. 5) prevăzut cu înfăşurări bifazate din ţeavă de cupru răcite cu apă sau din bare de aluminiu răcite cu aer. A.i. este montat sub vatra cuptorului, a cărui manta este confecţionată din oţel nemagnetic, pentru ca cîmpul magnetic produs de înfăşurări să poată pătrunde în masa metalului topit. Alimentînd înfăşurările statorului cu tensiuni bifazice de frecvenţe joase (0,2...1,5 Hz), de la generatoare sincrone rotite lent sau de la → *cicloconvertoare* cu tiristoare, se produce un cîmp magnetic mobil, progresiv, care se deplasează de-a lungul

Fig. 5

vetrei cuptorului şi induce curenţi turbionari în masa de metal. Prin interacţiunea dintre cîmpul magnetic şi aceşti curenţi apar forţe ce pun metalul în mişcare în direcţia şi sensul deplasării cîmpului magnetic progresiv. Prin inversarea fazelor tensiunii de alimentare se inversează sensul deplasării metalului. Utilizarea **a.i.** are avantajul omogenizării temperaturii şi compoziţiei chimice a şarjei. Totodată se accelerează reacţiile chimice şi se poate evacua cu uşurinţă zgura. **A.i.** se instalează la cuptoare electrice cu arc de 10...180 t şi au puteri de 10...40 kW.

Ah → amperoră.

alamă, aliaj de cupru cu maximum 46 % zinc, utilizat în electrotehnică la confecţionarea pieselor conductoare (borne, cleme, socluri pentru lămpi şi siguranţe fuzibile cu filet, prize, fişe etc.). Este cu atît mai maleabilă cu cît conţine mai mult cupru. **A.** se poate turna, forja, lamina la cald sau la rece pentru obţinerea de tablă, profile, tuburi, fire etc. Prezintă : masa specifică 8,2...8,7 g/cm³ ; temperatura de topire 890...920°C ; rezistivitate la 20°C, $7 \cdot 10^{-8}$ Ωm ; coeficientul de variaţie a rezistenţei cu temperatura $1{,}3 \cdot 10^{-3}...2 \cdot 10^{-3} K^{-1}$; modulul de elasticitate $8 \cdot 10^3...10^4$ daN/mm² ; rezistenţa de rupere la tracţiune 18...88 daN/mm² ; conductivitatea termică 0,8...1,2 $Wcm^{-1}K^{-1}$. Protejarea pieselor de **a.** se face prin cositorire sau zincare.

aliaj de lipit, aliaj utilizat la asamblarea prin lipire a pieselor de cupru, alamă, oţel, plumb etc. *Lipirea moale* se face la temperaturi de 183...266°C cu aliaje de staniu şi plumb (aliaj Lp 60, cu 60 % Sn, la 190°C ; Lp 50 la 216°C ; Lp 40 la 233°C ; Lp 37 la 248°C ; Lp 30 la 255°C ; Lp 20 la 266°C). **A.de l.** se poate topi electric sau cu flacără de gaz sau benzină. Lipirea se face cu ajutorul ciocanului sau pistolului de lipit, prin turnare sau imersiune în baie de aliaj topit. Piesele ce urmează a fi lipite, se curăţă mecanic sau chimic, se decapează cu borax, colofoniu sau pastă decapantă, pentru dizolvarea şi îndepărtarea oxizilor în scopul obţinerii unei aderenţe bune, se cositoresc separat şi, apoi, se lipesc. În electrotehnică se folosesc **a.de l.** cu conţinut mare de staniu, care asigură o bună fluiditate, proprietăţi electrice şi mecanice bune. Lipirea moale se utilizează la construcţia maşinilor electrice, transformatoarelor, în instalaţiile electrice, la fabricarea aparatelor electrice, în electronică etc. Rezistenţa specifică la tracţiune a lipiturilor moi este 6...8 daN/mm², fiind cu atît mai mare, cu cît este mai

ridicat conținutul de staniu. *Lipirea tare* se face cu alamă la temperaturi de 800...900°C sau cu aliaje cupru-argint, la 650...800°C. Lipiturile tari au rezistențe mecanice la tracțiune de peste 5 ori mai mari decît cele moi și pot funcționa la temperaturi de peste 300°C. Se utilizează la confecționarea → *colectoarelor* mașinilor de curent continuu de mare turație sau la îmbinarea barelor rotoarelor în scurtcircuit ale motoarelor asincrone supuse la solicitări mecanice mari. Pentru evitarea deteriorării izolației din vecinătatea lipiturilor tari ca urmare a supraîncălzirii, topirea aliajului se face rapid, cu ajutorul unor impulsuri mari de curent date de transformatoare de sudare speciale.

aliaj de mare rezistivitate, aliaj întrebuințat la confecționarea → *rezistoarelor* de precizie (utilizate în măsurări electrice), a rezistoarelor de pornire și reglare a motoarelor electrice și a rezistoarelor de încălzire la cuptoare și instalații electrotermice. *A.de m.r. pentru rezistoare de laborator* trebuie să prezinte → *efect termoelectric* redus și conductivitate constantă pentru evitarea erorilor de măsură. Se utilizează *manganina* (86 % Cu, 2 % Ni, 12 % Mn), *constantanul* (60 % Cu, 40 % Ni), *nichelina* (25...35 % Ni, 2...3 % Mn, 67 % Cu) și uuele aliaje din metale prețioase (aur cu crom, argint cu mangan și staniu, argint cu nichel). Pentru instrumente de măsură de precizie mai mică și pentru reostate de curenți mari se utilizează aliaje mai ieftine, de cupru-zinc (bronz fosforos) sau cupru-nichel-zinc. Constantanul se utilizează și la confecționarea termocuplelor pentru măsurarea temperaturilor pînă la 700°C datorită efectului termoelectric pronunțat pe care îl prezintă în contact cu cuprul (43 μV K^{-1}) și cu oțelul (54 μV K^{-1}). *A.de m.r. pentru reostate de pornire și reglare* trebuie să fie ieftine, să reziste la trepidații și să nu se corodeze prin încălzire. Se folosesc aliaje de tip manganină, la care s-a înlocuit nichelul cu aluminiu : *novoconstantanul*, cu rezistivitatea 0,45 $\Omega mm^2/m$ și *aliajul A (terlo)*, cu aceeași rezistivitate. *A.de m.r. pentru rezistoare de încălzire* trebuie să îndeplinească următoarele condiții : să aibă rezistivitate cît mai mare, pentru ca gabaritele să fie mici ; să aibă coeficient redus de variație a rezistenței cu temperatura pentru a nu se produce șocuri de curent la conectare ; să aibă punct de topire ridicat ; să nu îmbătrînească (să nu-și modifice proprietățile în timp) ; să fie maleabile și să se poată suda, electric sau autogen. *Aliajele crom-nichel* pot suporta temperaturi pînă la 1 200°C, au rezistivitate 1,1 ... 1,8 $\Omega\ mm^2/m$ și se prelucrează bine dacă conținutul de crom nu depășește 20 %. *Aliajele fier-crom-aluminiu (fecral)* sînt mai ieftine, dar au calități inferioare (temperatura maximă 850°C, rezistivitate 1,2...1,4 $\Omega\ mm^2/m$). *Aliajul kanthal* (20 % Cr, 5 % Al, 75 %Fe), poate lucra pînă la temperaturi de 1300°C, avînd rezistivitatea de 1,3... ...1,45 $\Omega\ mm^2/m$. Metalele pure de mare rezistivitate *(platina*, temperatura de lucru 1400°C, *molibdenul*, 2000°C, *wolframul*, 3000°C) se utilizează numai în cuptoare de laborator, din cauza costului ridicat. Molibdenul și wolframul trebuie să aibă, în plus, atmosferă protectoare, deoarece se oxidează ușor în prezența oxigenului din aer. Pentru confecționarea rezistoarelor de încălzire care lucrează la temperaturi de peste 1 200°C, se utilizează pe scară largă materiale nemetalice. *Carborundul* (carbura de siliciu) folosit la încălzitoare sub formă de bare numite silite, poate lucra la temperaturi de 1 400°C, dar este supus unui pronunțat fenomen de îmbătrînire, mărindu-și rezistența electrică în timp. *Disiliciura de molibden* ($MoSi_2$), prelucrată, prin procedeul metalurgiei pulberilor, sub forme de bare, poate suporta în medii oxidante temperaturi de 1 700°C. *Cărbunele* și *grafitul* pot funcționa numai în atmosferă lipsită de oxigen, sub formă de bare, tuburi, creuzete sau plăci, pînă la temperaturi de 2 000°C.

alnico, material magnetic dur, din care se fac, prin turnare sau sinterizare, magneți permanenți de dimensiuni mici și cu proprietăți magnetice deosebite, care nu se modifică decît foarte puțin în timp (→ *materiale magnetice*).

alternanță, mulțime a valorilor unei mărimi alternative cuprinse între două momente consecutive în care valoarea mărimii este egală cu zero.

alternator, generator de curent alternativ, cel mai frecvent, generator sincron. Un *a. sincron trifazat* are o înfășurare amplasată pe polii de excitație (dispuși de regulă pe rotor), alimentată în curent continuu prin intermediul unor perii care calcă pe două inele și o înfășurare trifazată amplasată în crestături pe stator (fig. 6). Prin rotirea rotorului cu o mașină de antrenare (turbină cu abur la *turboalternator*, turbină hidraulică la *hidroalternator*) cîmpul magnetic produs de poli intersectează pe rînd fazele statorice și induce în conductoarele acestora tensiuni electromotoare alternative sinusoidale, defazate în timp cu un unghi corespunzător decalării în spațiu a bobinelor (la a. sincrone trifazate acest unghi este de $2\pi/3$ radiani sau 120°). La a. de putere mică, cum sînt *a. cu redresor*, destinate încărcării bateriei de acumulatoare de pe autovehicule, se poate renunța la perii și inele, elemente care necesită întreținere și dau dificultăți în exploatare, fiind surse de defecțiuni. Înfășurarea de excitație se pune pe stator, iar rotorul are formă de ghiare, astfel încît cîmpul magnetic din întrefier se rotește (→ *cîmp magnetic învîrtitor*), deși înfășurarea care îl produce este fixă *(a. cu rotor în formă de ghiare)*. A. de putere mică pot avea și excitație cu magneți permanenți. (→ *mașină sincronă*)

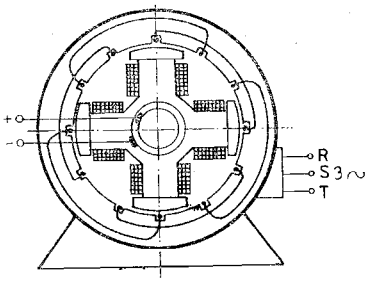


Fig. 6

aluminiu (Al), element chimic metalic cu utilizări în electrotehnică datorită conductivității electrice ridicate (60 % din conductivitatea cuprului). Are următoarele constante fizice și chimice mai importante ; număr atomic 13 ; masă atomică 26,98 ; masă specifică 2,7 g/cm^3 ; punct de topire 658°C ; punct de fierbere 2270°C ; rezistivitate electrică la 20°C $3{,}1 \cdot 10^{-8}\Omega m$; coeficient de variație a rezistivității cu temperatura $3{,}7 \cdot 10^{-3}K^{-1}$; modul de elasticitate 7220 daN/mm^2 ; rezistență de rupere la tracțiune 7...11 daN/mm^2 (recopt moale) și 15...23 daN/mm^2 (tare) ; conductivitate termică la 20°C 2,1 $Wcm^{-1}K^{-1}$(59 % din cea a cuprului) ; coeficient de dilatație liniară $23{,}8 \cdot 10^{-6}K^{-1}$; căldură specifică 0,945 $kJkg^{-1}K^{-1}$; căldură de topire 389 $kJkg^{-1}$. Este un metal alb, neferomagnetic, maleabil și ductil, putîndu-se lamina în folii cu grosime de 4 microni și forja pînă la 0,4 microni. Se poate suda relativ greu (oxiacetilenic sau cu arc, în mediu de argon) și se poate acoperi galvanic (nichelare). Deși are mare afinitate pentru oxigen, descompunîud, la temperaturi înalte, aproape toți oxizii metalici, în aer este foarte rezistent la coroziune, uniditatea producînd oxidarea unui strat superficial foarte subțire care împiedică propagarea coroziunii. În contact cu cuprul, în mediu umed, formează elemente galvanice, motiv pentru care îmbinările conductoarelor de cupru și a. se fac

cu piese speciale, numite → *cupal*. Din cauza oxidării (oxidul de **a.** este rău conductor) contactele cu şurub ale pieselor de **a.** trebuie asigurate cu rondele elastice (şaibe grower). **A.** se întrebuinţează la confecţionarea conductoarelor, izolate şi neizolate, barelor şi pieselor conductoare pentru instalaţii electrice, înfăşurărilor la transformatoare şi unele motoare electrice, mantalelor de cabluri, armăturilor de condensator etc. Unicul procedeu de obţinere pe scară industrială a **a.** folosit în prezent este electroliza aluminei (Al_2O_3) extrase din bauxită, în baie de criolit topit (Na_3AlF_6) la temperatura de 950...980°C. Criolitul dizolvă alumina, care, de altfel, are punctul de topire la peste 2 000°C. Cuptoarele de electroliză sînt căptuşite cu plăci de cărbune, care constituie catodul (în procesul electrolizei **a.** se depune la fundul băii), iar → *anozii*, tot din cărbune, sînt cufundaţi în topitură. Tensiunea la bornele electrozilor este de 4...4,5 V; densitatea de curent la anozi 2,5 A/mm². Curentul prin electrolizor este de ordinul zecilor de mii de A, în funcţie de capacitatea cuvei. Pentru o tonă de **a.** sînt necesare: 2 t alumină (extrasă din 4 t bauxită); 1,5 t criolit; 0,6 t anozi şi 16 000...20 000 kWh energie electrică. **A.** extras prin acest procedeu electrometalurgic nu mai trebuie rafinat, ci se purifică cu clor chiar în oala de turnare, ajungînd la o puritate de 98...99,7%. Productivitatea unei băi de 50 000 A este de cca 350 kg **a.** pe zi.

alunecare, mărime adimensională care reprezintă diferenţa dintre turaţia cîmpului magnetic învîrtitor al unui → *motor asincron* n_0 şi turaţia rotorului n, raportată la turaţia cîmpului magnetic învîrtitor, $s = (n_0 - n)/n_0$. Pentru **a.** $s \in (0,1)$ regimul de funcţionare al maşinii asincrone este de motor; $s \in (-\infty, 0)$, gener ator; $s \in (1, +\infty)$, frînă. Cazul $s = 1$ corespunde rotorului imobil ($n = 0$), iar $s = 0$, mersului în gol ideal ($n = n_0$). **A.** *nominală* (→ *date nominale*) a motoarelor asincrone uzuale de putere mică este de 0,03...0,06, iar a celor de putere medie şi mare, de 0,0015 ...0,03. *A. critică* a motorului asincron este **a.** la care motorul dezvoltă cuplul maxim (cuplul critic sau de răsturnare), a cărui depăşire de către cuplul rezistent duce la oprirea motorului. **A.** motorului asincron creşte cu creşterea sarcinii (încărcarea mecanică la arbore).

ambalare, creştere pronunţată a turaţiei motorului de curent continuu cu excitaţie în serie sau a altor motoare de acest fel de excitaţie, cu mult peste turaţia nominală, la funcţionarea în gol. La motoarele de tracţiune a. poate interveni la patinarea roţilor şi poate cauza deteriorarea înfăşurărilor rotorice ca urmare a forţelor centrifuge.

ambreiaj electromagnetic, cuplaj electromagnetic.

amonte → montaj în amonte.

amorsare, declanşare a producerii unui fenomen (de ex. a unei → *descărcări electrice*). La **a.** unui arc electric se poate folosi o tensiune ridicată, care să mărească intensitatea cîmpului electric dintre electrozi sau un electrod auxiliar, situat la distanţă mică faţă de electrodul principal (aceste procedee de **a.** se folosesc la tuburile fluorescente, respectiv la lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune).

amortizare, scădere progresivă, în timp, a amplitudinii unei oscilaţii periodice, prin transformarea energiei oscilaţiilor în altă formă de energie, cel mai frecvent în căldură. **A.** oscilaţiilor mecanice se face prin disiparea energiei în procesul de frecare, iar a. curentului electric periodic, prin disiparea energiei sub formă de căldură în rezistenţele circuitului; aceste transformări de energie sînt ireversibile. Funcţia care dă variaţia în timp a unei oscilaţii amortizate după o exponenţială are forma (fig. 7)

$x = x_0 \exp(-\beta t)\sin(\omega t + \alpha)$, unde β este coeficientul de **a.**, iar $\omega = 2\pi f$, pulsaţia. **A.** se apreciază cu ajutorul *decrementului logaritmic*, care reprezintă logaritmul natural al raportului

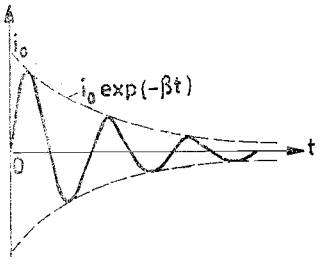


Fig. 7

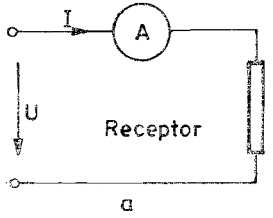
a două amplitudini consecutive, separate printr-o perioadă. **A.** oscilaţiilor mecanice ale acului indicator al instrumentelor de măsurat urmăreşte ca acesta să se oprească fără oscilaţii (*a. aperiodică*). Pentru aceasta se folosesc aripioare sau pistonaşe, care se mişcă în aer sau ulei (*a. mecanică*), sau se face *a. electrică*, prin curenţi turbionari produşi într-o plăcuţă metalică ori într-o spiră în scurtcircuit, care se deplasează în cîmpul magnetic al unui magnet permanent şi în acest fel se frînează. **A.** oscilaţiilor rotorului maşinii sincrone (→ *pendulare a maşinii sincrone*) se face de către barele scurtcircuitate amplasate în tălpile polare (→ *colivie* de **a.**), sau prin efectul curenţilor turbionari produşi în părţile masive ale rotorului.

amper (A). 1. Unitate de măsură a intensităţii curentului electric egală cu intensitatea unui curent de valoare constantă, care, străbătînd două conductoare rectilinii, paralele, cu lungimea practic infinită şi secţiunea neglijabilă, situate în vid, la distanţa de un metru unul de altul, produce o forţă electrodinamică de $2 \cdot 10^{-7}$N pe lungimea de 1 metru. Denumirea a fost dată în cinstea fizicianului A. M. Ampère. 2. Unitate de măsură pentru tensiunea magnetică, reprezentînd tensiunea magnetică de-a lungul unei linii închise, produsă de o spiră străbătută de un curent cu intensitatea de 1 A. Sin. *amperspiră*.

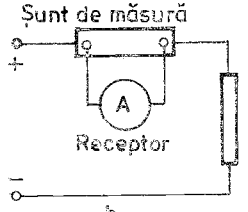
Ampère, André Marie (1775—1836), fizician şi matematician francez. Unul dintre fondatorii electromagnetismului. Studii privind interacţiunea reciprocă a curenţilor şi magneţilor (a stabilit, în 1820, expresia matematică a forţei electrodinamice) şi asupra cîmpului magnetic al solenoidului (a determinat configuraţia acestuia, stabilind regula de fixare a sensului liniilor de cîmp). A introdus noţiunea de curent şi de tensiune. În 1821 a emis ipoteza curenţilor moleculari, presupuşi circulari, cu care a explicat magnetismul corpurilor. A introdus noţiunile de electrostatică şi electromagnetism, stabilind prima teorie a electromagnetismului, *legea circuitală a lui Ampère* (→ *legea circuitului magnetic* pentru cazul în care se ia în considerare numai curentul de conducţie), care exprimă legătura dintre intensitatea cîmpului magnetic şi curent. A inventat galvanometrul. Împreună cu D. F. J. Arago a construit un electromagnet şi a imaginat, în 1820, un aparat telegrafic. În domeniul matematicii şi al mecanicii, a studiat ecuaţii cu derivate parţiale, a aplicat calculul variaţional în probleme de mecanică, a formulat mai precis principiul lucrului mecanic virtual. Spre sfîrşitul vieţii a întreprins o lucrare vastă de filozofia ştiinţei, rămasă neterminată. Numele său a fost atribuit unităţii de intensitate a curentului electric — *amper*.

ampermetru, instrument de măsurare a intensităţii curentului electric dintr-un circuit. **A.** este parcurs de curentul ce trebuie măsurat, fiind legat în serie cu sursa şi receptorul. Rezistenţa internă a **a.** trebuie să fie foarte mică, pentru a nu se influenţa curentul din circuit. **A.** pot funcţiona pe principii analogice sau digitale (numerice). *A. analogice* pot fi *magnetoelectrice* (pentru curent continuu),

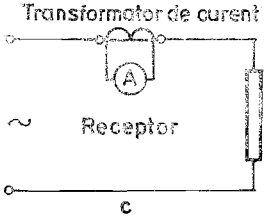
feromagnetice sau *electrodinamice* (pentru curent alternativ, pentru care se mai pot folosi *a. magnetoelectrice cu redresor*; → *instrumente electrice de măsurat*). Extinderea domeniului de măsură a **a.** se face cu → *șunturi de măsură*, în curent continuu și cu → *transformatoare de măsură*, de curent, în curent alternativ (fig. 8). Măsurarea valorilor momentane ale curenților se poate face cu osciloscopul, măsurînd căderea de tensiune pe o rezistență



a



b



c

Fig. 8

cunoscută. *A. digitale* au indicația afișată sub formă de cifre și sînt caracterizate de o mare precizie. La ieșirea aparatului există un semnal codificat, care poate fi utilizat, de ex., pentru intrarea într-un microprocesor.

amperoră (**Ah**), unitate practică (tolerată) de măsură a cantității de electricitate, egală cu sarcina electrică transportată de un curent constant, cu intensitatea de 1 A în timp de o oră. 1 Ah = 3600 C(coulomb). Se utilizează la măsurarea capacității acumulatoarelor și în electroliză. În rețelele de curent continuu de tensiune constantă **a.** dă un indiciu asupra consumului de energie electrică. Se măsoară cu *amperormetrul*, care, de regulă, este un aparat înregistrator.

amper pe metru (**A/m**), unitate de măsură a intensității cîmpului magnetic, egală cu intensitatea cîmpului magnetic produs de un curent de 1 A în centrul unei spire circulare filiforme cu diametrul de 1 m. Sin. *amperspiră pe metru*.

amperspiră, **amper**.

amperspiră pe metru, **amper pe metru**.

amplidină, mașină electrică amplificatoare, de curent continuu, cu cîmp transversal (cu două perii scurtcircuitate). Amplificarea se face în două trepte și are valori de cca 10 000. Rolul **a.** în acționările electrice cu reglare automată a fost preluat de redresoarele comandate, cu tiristoare.

amplificator, aparat care amplifică mărimea aplicată la intrare (putere, tensiune, curent) și o transmite pe la bornele de ieșire. După modul în care se face amplificarea se deosebesc: *a. electronice* (cu tuburi electronice sau tranzistoare), → *a. magnetice* și *a. dinamoelectrice* (mașini electrice amplificatoare, de ex., → *amplidină*).

amplificator magnetic, amplificator format din bobine cu circuit magnetic (eventual completat cu diode de putere), cu ajutorul căruia se comandă puteri mari, în curent alternativ, cu semnale de comandă de putere mică. Amplificarea se obține prin modificarea permeabilității circuitului magnetic cu ajutorul unor curenți de comandă. Odată cu creșterea curentului de comandă scade permeabilitatea, reluctanța magnetică crește, reactanța înfășurării scade, iar curentul comandat crește. Circuitul magnetic se confecționează din materiale la care curba de magnetizare prezintă un cot pronunțat (caracteristică dreptunghiulară), iar pierderile în fier sînt mici (aliaje de oțel cu nichel: permalloy, ortonal, sau, la puteri mari de ieșire, tablă silicioasă). Constructiv, miezul poate fi din tole, din tablă înfășurată sau masiv. **A.m.** posedă *înfășurări de lucru* (de putere) și *înfășurări auxiliare*: *de comandă*, *de polarizare* (care fixează punctul de funcționare pe caracteristică), *de reacție* (alimentate, cu reacție pozitivă sau negativă, de la ieșire), care îmbunătățesc calitățile dinamice ale **a.m.** și *de amortizare*, care servesc la mărirea constantei de timp, fiind alimentate din exterior, direct sau prin impedanțe. *A.m. cu autosaturație* au în serie cu înfășurările de lucru diode de putere, astfel că solenația dată de curentul principal are un sens determinat și poate contribui la comandă, obținîndu-se caracteristici de funcționare dependente de sensul curentului de comandă (fig. 9). **A.m.** pot fi comandate în *tensiune*, cînd tensiunea de ieșire ia valori independente de curentul de sarcină, și în *curent*, cînd valoarea curentului de ieșire se modifică, independent de tensiune, prin acționare asupra curentului de comandă. **A.m.** poate fi utilizat la măsurarea curentului continuu de valoare mare. În această variantă **a.m.** (denumit impropriu transformator de curent continuu) funcționează ca *transductor*. Înfășurarea de lucru, formată din una sau mai multe spire, este parcursă de curentul continuu ce trebuie măsurat, iar instrumentul de măsură este conectat la înfășurarea de curent alternativ, parcursă de un curent mic, proporțional cu cel de lucru.

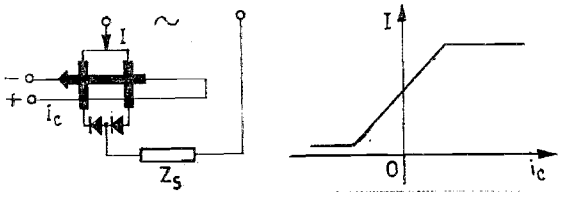


Fig. 9

amplificator operațional, amplificator de curent continuu cu impedanță de ieșire redusă și impedanță de intrare mare, utilizat în reglarea automată, calculatoare analogice etc.

analiză armonică, determinare a amplitudinilor armonicilor din seria trigonometrică în care se poate descompune o funcție periodică. **A.a.** se face prin calcul sau experimental. *Calculul* se face prin metode de aproximație, atunci cînd se cunoaște variația funcției periodice, sub formă de curbe trasate grafic sau tabelar. Calculatoarele electronice cu programare automată au în bibliotecă de programe, subrutine de **a.a.**, care necesită pentru calcul doar valorile funcției la diferite intervale. Prin determinarea *experimentală* a **a.a.** la mărimi fizice variabile periodic în timp se poate obține numai amplitudinea (nu și faza armonicilor), ceea ce la unele aplicații practice este suficient, de ex., la calculul pierderilor de energie produse de armonicile de curent, unde intervine numai valoarea lor

efectivă. Amplitudinea armonicilor superioare se poate determina cu precizie cu ajutorul *analizorului armonic* (analizor de spectru).

analogie, legătură dintre două mulțimi între ale căror elemente echivalente există relații identice. **A.** dintre fenomenele fizice constă în identitatea ecuațiilor care descriu legile ce guvernează fenomenele considerate. Exemple de a: Pentru medii izotrope, fără histerezis, relația $\bar{D} = \varepsilon\bar{E}$ este analoagă cu relația $\bar{B} = \mu\bar{H}$. Mărimile analoage sînt: $\bar{D}$-inducția electrică și $\bar{B}$-inducția magnetică; $\bar{E}$-intensitatea cîmpului electric și $\bar{H}$-intensitatea cîmpului magnetic; ε-permitivitatea și μ-permeabilitatea magnetică. Legea lui Ohm, scrisă pentru o porțiune de circuit electric, $I = U/R$ este analoagă cu formula $\Phi = U_m/R_m$, rezultată din legea circuitului magnetic; I-intensitatea curentului electric este analoagă cu Φ-fluxul magnetic; U-tensiunea electrică este analoagă cu U_m-tensiunea magnetică; $R = l/(\gamma s)$- rezistența electrică este analoagă cu $R_m = l/(\mu s)$ -reluctanța magnetică; γ-conductivitatea electrică cu μ-permeabilitatea magnetică, l și s fiind lungimea și secțiunea circuitului. Ecuațiile diferențiale care descriu oscilațiile mecanice și circuitele electrice cu parametri R, L, C sînt identice:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} + h\frac{dx}{dt} + kx = F(t) \quad \text{și}$$

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + R\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = \frac{du}{dt}$$

Adesea, pentru studiul unui fenomen fizic se utilizează modelul său analogic electric *(model electric)*, de ex., studiul încălzirii, studiul pe modele al marilor rețele electrice, studiul infiltrațiilor de apă din baraje etc.

anclanșare, operație de conectare a unui → *aparat de comutație* pentru închiderea unui circuit electric.

anclanșare automată a rezervei (AAR), operație de conectare rapidă a consumatorilor pe un circuit de rezervă (linie sau transformator) în cazul căderii circuitului normal de alimentare (deranjament sau deconectare de către dispozitivele de protecție). **AAR** se realizează cu relee care comandă întreruptoare automate. Anclanșarea releelor este inițiată de dispozitivul de protecție sau de contactele auxiliare ale întreruptorului circuitului de alimentare normală. Impulsul inițial de acționare a **AAR** poate fi dat de variația unor mărimi neelectrice, de ex., la scăderea presiunii apei din conducta principală de alimentare a cazanelor, într-o termocentrală, se conectează automat motorul pompei de rezervă. **AAR** trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să acționeze numai după deconectarea circuitului de alimentare normală: să fie rapidă, pentru ca întreruperea să afecteze cît mai puțin receptoarele (motoarele sincrone să se poată resincroniza, motoarele asincrone să fie capabile de autopornire etc.); să aibă o temporizare suficientă, în special la tensiuni peste 110 kV, pentru asigurarea deionizării spațiului în care s-a produs arc electric în caz de scurtcircuit; să nu se repete anclanșarea la defecte persistente. Schemele **AAR** pot fi *mecanice* (la care întreruptorul alimentării de rezervă este anclanșat cu ajutorul unui dispozitiv mecanic — greutate sau resort) sau *electrice* (la care întreruptorul este anclanșat cu dispozitive de acționare electromagnetice sau pneumatice). La schemele electrice, curentul operativ poate fi continuu sau alternativ, în funcție de importanța stației. **AAR** se utilizează și în rețelele de distribuție sau la serviciile interne ale centralelor și stațiilor electrice. În figura 10 este prezentat principiul de funcționare a **AAR**. La întreruperea alimentării date de oricare din transformatoarele T_1 sau T_2 se conectează automat întreruptorul lui T_r.

ancoră, dispozitiv de fixare a stîlpilor de lemn sau de beton ai liniilor aeriene electrice, de telecomunicații sau de tracțiune electrică, care le conferă stabilitate la solicitări mecanice. Se utilizează frecvent cablul de oțel zincat, întins cu dispozitive speciale.

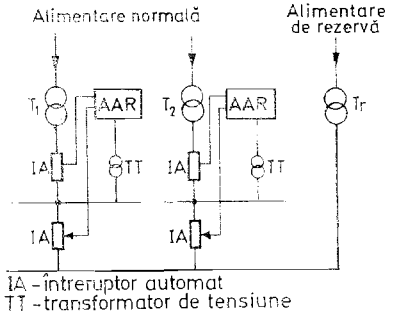


Fig. 10

ancoră mediană, dispozitiv de fixare a suspensiei catenare compensate sau semicompensate în scopul evitării deplasării acesteia în direcția deplasării locomotivei ca urmare a forței de frecare dintre pantograf și firul de contact, sau între stîlpii din aval, la calea cu declivități, datorită greutății proprii. A.m. se amplasează la mijlocul zonei de ancorare (zona dintre stîlpii de ancorare, prevăzuți cu compensatoare cu contragreutate).

ancoșă, crestătură de mașină electrică

Andronescu, Plautius (1893—1975), inginer electrician român. Profesor universitar la Timișoara, membru al Academiei de Științe din România. Fondator al școlii electrotehnice timișorene. A înființat primul laborator de electrotehnică din Timișoara, unde s-au executat lucrări de încercare a materialelor electrotehnice cerute de industrie. A abordat probleme fundamentale de electrotehnică referitoare la: teoria și calculul mașinilor și aparatelor electrice, sistemele de mărimi și unități de măsură, propagarea energiei electromagnetice, puterile sistemelor electrice, procesul de conducție în semiconductoare.

anod → electrod.

anozi, electrozi pozitivi de dimensiuni mari, confecționați din cărbune prin sinterizare, la presiuni și temperaturi ridicate, utilizați la electroliza aluminiului. Se deosebesc *a. precopți*, confecționați în fabrici speciale și *a. continui*, autografitați. **A.** continui se obțin dintr-o compoziție sub formă de pastă aflată într-un cilindru de tablă introdus direct în topitura băii de electroliză. Masa anodului se întărește treptat datorită temperaturii ridicate din cuptor. **A.** precopți sînt mai scumpi decît a. continui, dar au avantajul unui consum mai mic de cărbune (400 kg/t → *aluminiu* față de 500 kg/t), de criolit (44 kg/t față de 55 kg/t aluminiu) și al unui consum mai mic de energie electrică, datorită căderii mai mici de tensiune anodică (0,3 V față de 0,4...0,5 V).

antideflagrant → protecție antiexplozivă.

antiexploziv → protecție antiexplozivă.

antigrizutos → protecție antiexplozivă.

Antoniu, Ion S. (n. 1905), inginer electrician român. Profesor universitar la București, membru corespondent al Academiei R. S. România. A elaborat lucrări teoretice privind metodele de calcul al circuitelor electrice și măsurările electrice în regimuri deformante. A condus un colectiv care a realizat PQD-metrul, aparat de măsurare a puterilor și energiilor active, reactive și deformante, în regimuri nesinusoidale (invenție medaliată cu aur la expoziția internațională de la Nürnberg, 1969).

aparat electric, dispozitiv sau ansamblu de dispozitive electrice și mecanice, destinat comenzii, protecției, reglării și controlului automat sau neautomat al funcționării obiectelor și instalațiilor electrice sau neelectrice.

A.e. se clasifică în următoarele grupe : → *a.e. de comutație*; *a.e. de pornire și reglare* (reostate, bobine); *a.e. de protecție* (siguranțe fuzibile, relee de protecție, reactoare, descărcătoare); *a.e. de amplificare și stabilizare* (amplificatoare și stabilizatoare); *a.e. de acționare* (cuplaje electromagnetice, frîne electromagnetice, electromagneți, ventile electromagnetice). **A.e.** sînt *de înaltă tensiune* (cu tensiunea între faze > 1 kV în curent alternativ și cu tensiunea între conductoare > 1,2 kV în curent continuu) și *de joasă tensiune*. Cerințele impuse **a.e.** sînt : fiabilitatea, stabilitatea termică și dinamică, rezistența la solicitări mecanice, electrice (supratensiuni) și climatice (→ *protecție climatică*), gabarit, greutate și costuri minime, exploatare și întreținere ușoare, cu maximum de securitate.

aparat de comutație, aparat care servește la conectarea și deconectarea circuitelor electrice sau la comutarea curenților de pe un circuit pe altul (întreruptoare, comutatoare, butoane, separatoare, contactoare, controlere, relee). Pot fi manuale sau automate, monopolare sau multipolare, cu contacte sau fără contacte (statice). Principala caracteristică a **a.de c.** care întrerup curenți mari este → *puterea de rupere*, măsurată în kVA, sau → *capacitatea de rupere* (măsurată în kA). Puterea de rupere a unui **a.de c.** trebuie să fie mai mare decît puterea de scurtcircuit a rețelei în locul de montare.

aplatizare, fenomen de suprimare a armonicilor superioare în circuitele de curent continuu. **A.** curentului dat

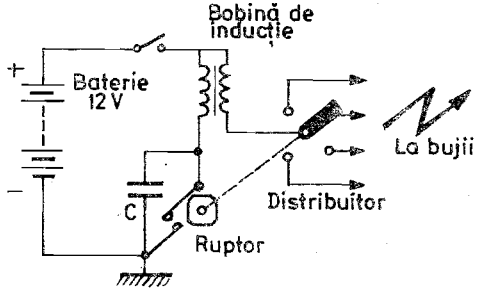


Fig. 11

de un redresor se face cu → *bobine de a.*, iar **a.** tensiunii, prin intermediul condensatoarelor conectate la bornele redresorului (condensatoare de filtrare). Sin. *netezire*.

aprindere electrică, inițiere a arderii amestecului aer-combustibil într-un motor termic cu ardere internă de către o scînteie electrică. Se utilizează la motoare cu piston sau la turbine cu gaz. *A.e. cu magnetou* folosește scînteia obținută prin întreruperea unui circuit alimentat de un generator cu magneți permanenți, de joasă sau înaltă tensiune. Mai utilizată în prezent este *a.e. de la baterie*, la care scînteia se produce în circuitul de înaltă tensiune (10...25 kV) al unei bobine de inducție, al cărei circuit primar este întrerupt periodic de către un ruptor (fig. 11). Ruptorul este constituit dintr-un contact fix și un contact mobil (ciocănel) acționat de o camă situată pe arborele de distribuție al motorului termic. Pe același arbore se află o pipă rotativă, care distribuie tensiunea înaltă la contactele distribuitorului, conectate la → *bujiile* situate pe fiecare cilindru al motorului.

Scînteia se produce între electrozii bujiei, situați la o distanță de cca 0,4 mm. Condensatorul montat în paralel cu contactele ruptorului are rolul de a ușura întreruperea circuitului și de a evita scînteile la ruptor, care ar cauza o uzare prematură a contactelor (platinelor). Avansul la a.e. se reglează manual sau automat și depinde de calitatea benzinei, de turația motorului, de raportul de compresie și de compoziția amestecului carburant. Un avans prea mare produce bătăi la motor, iar un avans insuficient reduce puterea motorului ca urmare a arderii incomplete. *A.e. prin curenți de înaltă frecvență* evită ancrasarea bujiei și nu este influențată de starea suprafeței sale. Se utilizează o bobină Ruhmkorff al cărei vibrator face ca fluxul magnetic să varieze, inducîndu-se tensiuni electromotoare care încarcă condensatoarele de înaltă tensiune. Cînd tensiunea la bornele condensatorului depășește o anumită valoare, se produce descărcarea între niște eclatoare și apare o scînteie între electrozii bujiei. La *aprinderea electronică* scînteia se obține prin întreruperea pe calc statică a circuitului primar al bobinei de inducție cu ajutorul unui → *tranzistor de putere* sau al unui → *tiristor*. Există scheme de aprindere electronică care mențin ruptorul pentru comanda elementului semiconductor din circuitul primar și scheme la care contactele sînt complet eliminate. Detectoarele fără contacte, care comandă aprinderea pot fi : *de proximitate*, la care un oscilator este menținut la limita intrării în oscilație, iar trecerea unei roți cu dinți în apropierea bobinei oscilatorului modifică parametrii circuitului și produce o variație a semnalului de ieșire; *optoelectronice*, cu dispozitive semiconductoare fotosensibile, la care calea unei raze luminoase este interferată cu crestăturile unui disc rotitor; *detectoare cu → efect Hall*, care folosesc tensiunea dintre capetele unei bare semiconductoare supuse influenței unui cîmp magnetic dat de un magnet permanent puternic. Aprinderea electronică are avantajul că elimină uzarea platinelor, reduce arderea incompletă, dă impulsuri bune de tensiune înaltă independent de regimul de funcționare a motorului și reduce consumul de combustibil.

aprindere inversă → basculare.

aprindere piezoelectrică → efect piezoelectric.

arbore electric, sistem de rotație sincronă a două sau mai multe motoare electrice necuplate mecanic. Se utilizează la macarale portal cu deschideri mari, la mașini rotative de fabricat hîrtie sau tipografice (pentru evitarea ruperii hîrtiei), la laminoare, la ecluze de navigație etc. **A.e.** face ca motorul a cărui turație crește, datorită micșorării cuplului rezistent, să cedeze energie celorlalte motoare,

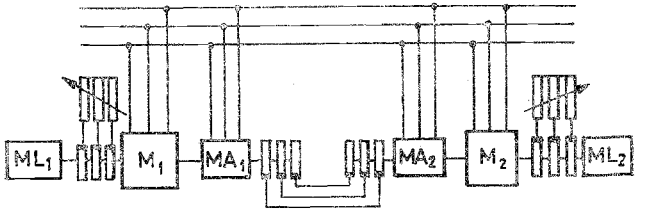


Fig. 12

fie direct, fie prin intermediul unei mașini auxiliare și în acest fel să-și micșoreze turația la valoarea pe care o au celelalte motoare. *A.e. cu mașini auxiliare* (fig. 12) are motoarele principale de acționare cuplate mecanic

cu motoare asincrone cu rotor bobinat, alimentate de la aceeași rețea, ale căror inele sînt conectate în paralel. Dacă cele două motoare auxiliare sînt încărcate diferit, apare un unghi de decalare a rotoarelor acestora și prin urmare, un defazaj între tensiunile lor rotorice. În circuitul rotoric apar curenți de egalizare (curenți de

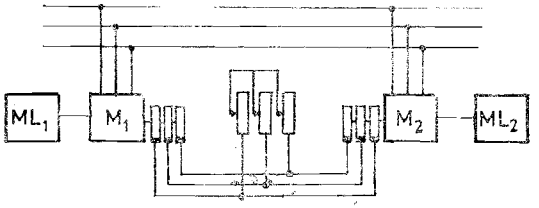


Fig. 13

circulație), care produc cupluri suplimentare ce acționează în sensul micșorării unghiului de decalaj, ce se stabilește la o valoare mică. La pornire motoarele trebuie sincronizate, pentru că altfel apar curenți de egalizare de valoare mare. Acest sistem de **a.e.** se utilizează la alunecări mari, pentru ca tensiunile rotorice să fie importante și să apară cupluri mari de egalizare la unghiuri mici de decalaj. Este posibilă și învîrtirea motoarelor auxiliare împotriva cîmpului ($s > 1$), dar apar pierderi mari în circuitele rotorice. La **a.e.** fără mașini auxiliare, motoarele de acționare, asincrone cu rotor bobinat, au inelele conectate la un reostat comun (fig. 13). Rezistența rotorică trebuie dimensionată astfel ca turația motoarelor să nu depășească 80...90 % din turația sincronă, în scopul obținerii unor cupluri egalizatoare suficient de mari, ceea ce este în detrimentul randamentului. Se aplică, în special, la acționări cu cuplu constant (de ex., la mașini unelte).

arc electric, descărcare electrică autonomă între doi electrozi aflați într-un mediu puternic ionizat. Electronii emiși de catod și accelerați de cîmpul electric, prin ciocnirea cu atomii gazului, în funcție de energia ce o posedă, produc radiații luminoase, încălzirea mediului de descărcare și ionizarea atomilor. Emisiunea de electroni poate fi produsă de un cîmp electric puternic, care extrage electronii din catod *(emisiune autoelectronică)*, sau datorită temperaturii ridicate a catodului *(emisiune termoelectronică)*. Catodul poate fi menținut la temperatura de incandescență prin bombardarea sa de către ionii pozitivi în procesul descărcării (la curenți prin arc de peste 1 A) sau poate fi încălzit din exterior cu un curent electric ce străbate un filament. **A.e.** are o caracteristică voltampermetrică neliniară; cu creșterea curentului tensiunea pe arc scade din cauza măririi conductivității mediului ca urmare a sporirii numărului de atomi ionizați. Tensiunea pe arc este de ordinul zecilor de volți, iar curentul are valori de la zecimi de amperi la zeci de mii de amperi. Temperatura din arc atinge 5000...6000 K. **A.e.** de putere mică se utilizează la unele surse de lumină (proiectoare). La puteri mari **a.e.** se întîlnește la redresoarele cu vapori de mercur (în vid înaintat), la sudarea electrică sau la topirea metalelor (elaborarea oțelurilor speciale sau a feroaliajelor în cuptoare cu arc) și la întreținerea unor reacții chimice (de ex. fabricarea acetilenei din metan). La aparatele de comutație (întreruptoare, contactoare), **a.e.** trebuie stins cît mai repede posibil pentru micșorarea

uzurii contactelor. Stingerea se face prin alungire *(suflaj magnetic* și *suflaj pneumatic)* sau prin deionizarea mediului datorită apropierii arcului de pereți reci *(→ camere de stingere)*. **A.e.** de curent alternativ este mai ușor de stins decît cel de curent continuu, datorită anulării curentului la fiecare alternanță. Din acest motiv, sudarea electrică cu arc în curent continuu este de calitate superioară celei în curent alternativ.

arc electric constrîns, arc electric obligat să ardă într-un volum limitat cu scopul măririi temperaturii. Temperatura arcului deschis nu poate fi mărită prin creșterea curentului, deoarece concomitent crește și secțiunea arcului, densitatea de putere și temperatura rămînînd practic constante. Mărirea densității de putere se obține prin mărirea tensiunii, alungind arcul cu ajutorul unui gaz care se suflă în jurul electrodului (fig. 14). Gazul se încălzește la temperaturi de 10 000... ...15 000 K, se ionizează și iese printr-un ajutaj sub forma unui jet de

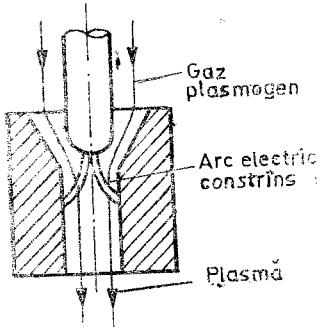


Fig. 14

plasmă, strălucitor și foarte cald, cu o densitate de putere de $10^4...10^5$ W/cm^2, suficientă pentru a topi orice corp solid.

argint (Ag), element chimic metalic, cu cea mai mare conductivitate electrică și termică dintre toate metalele ($\rho = 1{,}6 \cdot 10^{-8}\Omega$m), utilizat în electrotehnică (la argintarea contactelor și conectoarelor de curenți slabi) și în electronică (la circuitele imprimate). Aliajele **a.** cu cuprul, cadmiul, paladiul, wolframul, ca și compușii cu grafit îmbunătățesc proprietățile contactelor, iar aliajele cu mangan și zinc se utilizează ca materiale cu rezistivitate mare și coeficient redus de variație a rezistenței cu temperatura. **A.** folosit la contacte se acoperă cu o peliculă de oxid, cu aproape aceeași conductivitate electrică ca și **a.** pur, înlăturîndu-se astfel inconvenientele **a.** pur, care favorizează formarea arcului electric, se sudează și se erodează ușor.

argument, unghiul pe care îl formează cu axa reală raza vectoare ce unește originea cu punctul reprezentativ al unui număr complex în sistemul de axe rectangulare ale planului numerelor complexe. **A.** apare la reprezentarea fazorială (în complex) a mărimilor alternative (tensiuni, curenți, puteri). La reprezentarea în complex a impedanței unui circuit, sub formă trigonometrică, exponențială sau simbolică $\underline{Z} = Z(\cos\varphi + j \sin\varphi) = Z\exp(j\varphi) = Z\angle\varphi$; $Z\cos\varphi = R$,

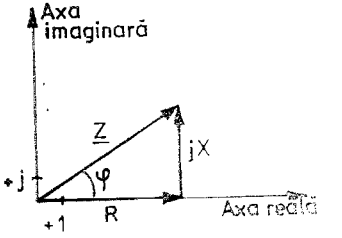


Fig. 15

$Z\sin\varphi = X$, $\underline{Z} = R + jX$, argumentul este unghiul φ (fig. 15). *(→ reprezentare în complex)*

armătură, piesă sau ansamblu de piese metalice care aparțin unui aparat, unei mașini sau instalații electrice cu funcții de susținere, protecție sau

legătură mecanică. *A. de cablu electric*, înveliș de oțel sub formă de benzi sau țesătură de sîrmă, care protejează cablul de solicitări mecanice exterioare. *A. de condensator*, fiecare din cele două conductoare separate de dielectric. *A. de electromagnet*, partea mobilă a circuitului magnetic. *A. de motor asincron liniar*, piesă metalică cu rol de indus. *A. de instalație electrică*, izolatoare, suporturi, cleme, piese de înnădire a cablurilor, elemente ale lanțurilor izolatoare etc.

armonică superioară, fiecare dintre funcțiile sinusoidale (cu frecvența egală cu un multiplu al frecvenței unei funcții periodice) ale seriei trigonometrice infinite în care se descompune funcția periodică dată. Seria trigonometrică (seria Fourier) a funcției periodice $f(x)$ de perioadă 2π este

$$f(x) = \frac{B_0}{2} + \sum_{\nu=1}^{\infty} (A_\nu \sin \nu x + B_\nu \cos \nu x).$$

Termenii care au ca argument pe x, $(A_1 \sin x + B_1 \cos x)$, reprezintă armonica fundamentală, iar cei al căror argument este un multiplu de x reprezintă a. s. Coeficienții seriei trigonometrice se determină cu formulele :

$$A_\nu = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \sin \nu x \, dx =$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [f(x) - f(-x)] \sin \nu x \, dx ;$$

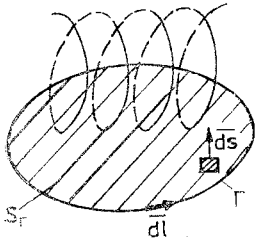
$$B_\nu = \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} f(x) \cos \nu x \, dx =$$

$$= \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} [f(x) + f(-x)] \cos \nu x \, dx.$$

În cazul funcțiilor periodice de timp, $x = \omega t$, perioada $T = \frac{2\pi}{\omega}$. Dacă funcția este impară, adică $f(-x) = -f(x)$, $B_\nu = 0$, seria nu cuprinde decît termeni în sinus ; dacă funcția este pară, adică $f(-x) = f(x)$, $A_\nu = 0$, seria nu cuprinde decît termeni în cosinus. Dacă funcția este simetrică în raport cu o jumătate de perioadă, adică $f(x) = -f(x + \pi)$, $A_{\nu \text{par}} = 0$, $B_{\nu \text{par}} = 0$, seria conține numai armonici de ordin impar. Armonica de ordinul ν se mai poate scrie $A_\nu \sin \nu x + B_\nu \cos \nu x = C_\nu \sin(\nu x + \varphi_\nu)$, unde C_ν și φ_ν (amplitudinea și faza armonicii) se determină cu relațiile $C_\nu \sin \varphi_\nu = A_\nu$; $C_\nu \cos \varphi_\nu = B_\nu$; $(C_\nu \geq 0)$. În electrotehnică a. s. ale tensiunilor și curenților sînt dăunătoare, cu excepția unor cazuri cînd se urmărește amplificarea și utilizarea numai a unei anumite armonici (de ex., → la *triploarele de frecvență*). A.s. produc o încălzire suplimentară a liniilor de transport a energiei electrice și a înfășurărilor mașinilor electrice ; deși amplitudinea armonicii scade cu creșterea ordinului acesteia, rezistența conductoarelor crește cu creșterea frecvenței (→ *efect pelicular*), astfel că pierderile de energie produse de **a.s.** pot fi importante. A.s. mai produc cupluri parazite în motoarele asincrone, perturbații în liniile de telecomunicații și scăderea factorului de putere din cauza puterii deformante.

asincron → **mașină asincronă**, → **pornire**.

asocierea sensurilor pozitive, regulă de corespondență a sensurilor pozitive ale mărimilor electrice și magnetice. În formularea matematică a legilor electrotehnicii intră integrale de suprafață (fluxuri) și integrale de linie (circulații) ale unor mărimi electrice și magnetice vectoriale. Fluxurile și circulațiile vectorilor sînt mărimi scalare care se definesc univoc numai în raport cu un anumit sens de integrare, adică numai pentru o anumită orientare a elementelor de linie $\overline{dl}$ sau de suprafață $\overline{ds}$. Pentru ca forma integrală a legilor cîmpului electromagnetic să fie univocă, s-au stabilit, prin convenție, următoarele reguli de **a.s.p.** În legile în care intervin circulații în lungul unor curbe închise Γ și fluxuri prin suprafețe deschise S_Γ sprijinite pe aceste curbe (de ex., legea inducției electromagnetice și legea circuitului magnetic), sensul pozitiv al circulației se asociază cu sensul pozitiv al fluxului după regula burghiului drept (fig. 16). O consecință practică a



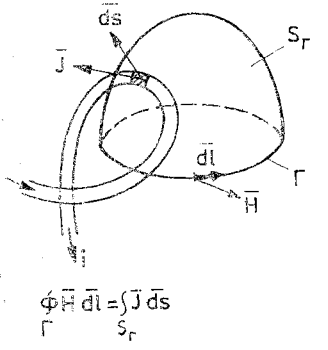
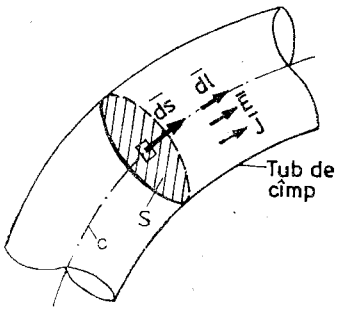


Fig. 16

acestei asocieri este regula de stabilire a sensului liniei de cîmp magnetic (sensul lui $\overline{H}$), cunoscînd sensul curentului. În legile în care intervin fluxuri prin secțiuni transversale S ale unor tuburi de linii de cîmp și circulații în jurul acestor linii C (de ex., legea lui Ohm, legea polarizației magnetice pentru tuburi de cîmp), sensul pozitiv al *fluxurilor* se ia același cu sensul pozitiv al circulației ($\overline{ds} \uparrow\uparrow \overline{dl}$, fig. 17). Intensitatea curentului electric, ca flux al densității de curent, și tensiunea electrică, ca integrală de linie a intensității cîmpului electric, sînt mărimi scalare, fără direcție și sens. Dacă se obișnuiește să se dea un sens (indicat prin săgeți) curentului și tensiunii, acesta de fapt reprezintă sensul elementului de suprafață $\overline{ds}$, respectiv al elementului de linie $\overline{dl}$ care dau valori pozitive pentru curent sau tensiune. În legile în care intervin fluxuri prin suprafețe închise (de ex., legea fluxului electric) se alege ca sens pozitiv sensul corespunzător normalei exterioare la suprafață. A.s.p. pentru mărimile din legile electromagnetismului scrise sub formă integrală se regăsesc și în ecuațiile de tensiuni ale circuitelor electrice sau magnetice (teoremele lui Kirchhoff), care de fapt sînt consecințe ale acestor legi. Pentru unele mărimi, cum este tensiunea electrică la borne, sensul pozitiv nu este legat de formularea legilor



$$I = \int_S \bar{J} \, \overline{ds} \; ; \; U = \int_C \bar{E} \, \overline{dl}$$

$$\int_C \bar{E} \, \overline{dl} = R \int_S \bar{J} \, \overline{ds} \; ; \; U = RI$$

Fig. 17

generale, de aceea se poate alege arbitrar. Pentru evitarea ambiguităților în calcul, sensul pozitiv al tensiunii la borne se asociază cu sensul pozitiv al curentului, în funcție de caracterul circuitului (generator sau receptor), care determină sensul de transfer al puterii (dinspre generator înspre receptor). Practic, regula a.s.p. pentru

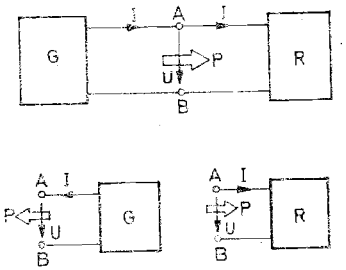


Fig. 18

curent și tensiunea la borne, atît la circuite de curent continuu cît și la ecuațiile scrise în complex pentru circuitele de curent alternativ, se aplică în modul următor. Se stabilește arbitrar sensul pozitiv pentru una din mărimi (de preferință pentru tensiune, care la circuitele de curent continuu se ia de la borna pozitivă spre cea negativă). În funcție de caracterul circuitului (receptor sau generator), rezultă sensul pozitiv pentru cealaltă mărime (fig. 18). În cazul circuitelor cu ramificații, la care nu se cunosc toate sensurile transferului de putere, sensurile pentru curenți se iau arbitrar. Dacă din rezolvarea ecuațiilor rezultă valori negative pentru unii curenți, înseamnă că sensul ales inițial pentru acești curenți trebuie schimbat. La scrierea tensiunilor electromotoare în circuitele cu cuplaj inductiv este necesar să se asocieze sensurile pozitive ale inductivităților mutuale și ale curenților de care sensurile pozitive ale fluxurilor, a căror variație în timp produce in-

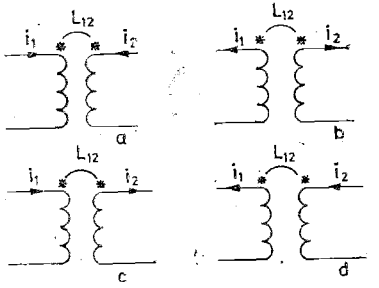


Fig. 19

ducția electromagnetică, depind de sensurile de înfășurare a bobinelor. În acest scop, bornele bobinelor se marchează cu asterisc : sensul pozitiv al inductivității se ia atunci cînd ambii curenți intră sau ies din bobinele respective prin bornele marcate, în caz contrar se ia negativ (fig. 19). Astfel tensiunea electromotoare indusă de curentul i_2 în circuitul 1 din fig. 19 se scrie $u_e = -L_{12}\mathrm{d}i_2/\mathrm{d}t$ pentru cazurile *a* și *b*, respectiv $u_e = +L_{12}\,\mathrm{d}i_2/\mathrm{d}t$ pentru cazurile *c* și *d*.

ascensor, instalație de transport pe verticală a persoanelor și materialelor, cu ajutorul unei cabine, colivii sau platforme care se deplasează ghidate de glisiere fixe. La **a.** pentru transportul persoanelor, cu acționare electrică, s-a renunțat la troliul cu tambur în favoarea roții de acționare cu fricțiune (fig. 20) peste care trece cablul de tracțiune, care la un capăt poartă cabina, iar la celălalt o contragreutate. Forța de tracțiune se transmite prin frecarea cablului de roată. Sistemul de acționare electrică constă dintr-un reductor cu melc, o frînă și un motor asincron cu două viteze (cu poli comutabili), pînă la viteze de 1 m/s, respectiv un motor de curent continuu, pînă la viteze de 2 m/s. **A.** cu viteze mai mari de 2 m/s au acționarea fără reductor, cu motor de curent continuu avînd domeniu larg de modificare a turației și reglare automată. Cabina **a.** are uși u blocare

electrică, iar ușile de acces se pot deschide numai cînd cabina se află în fața lor. La depășirea vitezei normale intră în funcțiune un limitator de viteză; acesta decuplează parașuta de sub cabină (paracăzătorul),

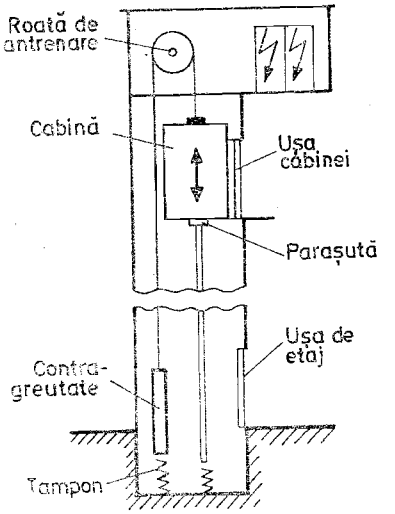


Fig. 20

care acționează dispozitivul de prindere a cabinei de glisiere. Motorul se deconectează la comanda unor relee de protecție. Forța de tracțiune în cablu este de 300...1600 daN.

atenuare (a), mărime care caracterizează scăderea puterii (tensiunii) unui semnal în linii lungi (de transport, de telecomunicații), definită de raportul dintre o putere (tensiune) de referință și puterea (tensiunea) semnalului, măsurate în condiții determinate (de regulă, puterea este aparentă). Se exprimă în unități logaritmice : *neper* (N), în logaritmi naturali și *decibel* (dB), în logaritmi zecimali. **A.** se calculează cu relațiile : $a = 0{,}5\ln(S_0/S)$, N ; $a = 10\lg(S_0/S)$, dB, respectiv $a = \ln(U_0/U)$, N ; $a = 20\lg(U_0/U)$, dB ; 1 dB $\approx$ 0,1151 N ; 1 N $\approx$ $\approx$ 8,686 dB.

atingere directă → protecție contra tensiunilor accidentale.

atingere indirectă → protecție contra tensiunilor accidentale.

audiofrecvență, frecvență cuprinsă în spectrul vibrațiilor acustice, limitat adesea numai la gama frecvențelor audibile (16...16 000 Hz). Dintre frecvențele din gama audio, în afara frecvențelor industriale (50 Hz în Europa, 60 Hz în America) se mai utilizează frecvențe ridicate (150...500 Hz) la unele motoare asincrone de turație mare (9 000...30 000 rot/min) sau la mașini electrice cu gabarit redus (de ex. în aeronautică) și frecvențe medii (1000...10 000 Hz) la încălzirea prin inducție pentru tratamente termice sau deformări la cald. *Telecomanda în curenți de a.* în instalațiile electroenergetice este un procedeu de transmitere a impulsurilor de comandă prin rețeaua de forță (de 50 Hz). Se aplică la comanda instalațiilor de iluminat public, contoarelor cu mai multe tarife, bateriilor de condensatoare etc. Selectarea obiectului telecomandat se face prin numărul, durata sau intervalul dintre impulsurile de a. (175...2 000 Hz). Intrarea în rețea se poate face fie pe partea de înaltă tensiune, fie pe partea de joasă tensiune. Puterea emițătoarelor de **a.** reprezintă 0,5...3 % din puterea rețelei.

autoexcitație, mod de → *excitație* a unui generator electric cu ajutorul tensiunii proprii sau curentului produs de generatorul însuși. **A.** în curent continuu este posibilă dacă mașina prezintă magnetism remanent de polarit te identică cu cea a polilor produși de curentul de excitație (în caz contrar se inversează legăturile la bornele de excitație). Dacă generatorul este demagnetizat (fără magnetism remanent), înfășurarea de excitație se conectează, pentru un timp scurt, la o sursă exterioară de curent continuu. **A.** generatorului

de curent continuu cu excitație în derivație (fig. 21) se produce numai dacă rezistența totală a circuitului de excitație, R_e, este mai mică decît o valoare critică R_{cr}, care, pe caracteristica de mers în gol a mașinii, corespunde dreptei ce se suprapune peste porțiunea lineară a caracteristicii și este dată de relația

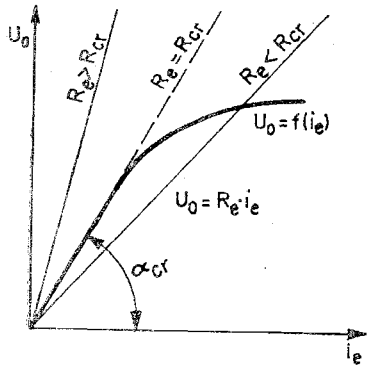


Fig. 21

$R_{cr} = U_0/I_e = k \operatorname{tg} \alpha_{cr}$, în care U_0 și I_e sînt coordonatele unui punct de pe această dreaptă, iar $\operatorname{tg} \alpha_{cr}$ este panta dreptei rezistenței critice a circuitului de excitație. La a. generatorului de curent continuu cu excitație în serie, care intervine la frînarea recuperativă a motoarelor de tracțiune, pentru păstrarea sensului curentului de excitație în scopul evitării demagnetizării mașinii, la trecerea din regimul de motor în cel de generator, se impune inversarea legăturilor la bornele de excitație. A. acestui tip de generator se utilizează rar, din considerente de stabilitate, preferindu-se alimentarea separată a înfășurării de excitație, de la o sursă exterioară. A. generatorului sincron se aplică cînd mașina este folosită ca sursă independentă de energie și se obține prin redresarea tensiunii. Pentru menținerea constantă a tensiunii la borne, la variația sarcinii generatorului, se aplică diverse scheme de excitare suplimentară (compoundare), de ex., alimentarea suplimentară a înfășurării de excitație de la un transformator al cărui primar este străbătut de curentul de sarcină. A. generatorului asincron este posibilă numai dacă la bornele sale se conectează o baterie de condensatoare de putere reactivă determinată (de regulă, egală cu puterea reactivă a mașinii la funcționarea în gol ca motor), care să-i furnizeze curentul reactiv de magnetizare. O baterie prea mare poate cauza apariția unor tensiuni la borne mult superioare tensiunii nominale, pe cînd o putere reactivă prea mică nu îndeplinește condițiile de a. (reactanța capacitivă să fie mai mică decît reactanța critică).

autoinducție → **inducție electromagnetică.**

automatică, disciplină tehnică care se ocupă cu studiul *sistemelor automate* și cu *automatizarea*. Un sistem automat asigură, fără intervenția omului, transmiterea și efectuarea unei comenzi, inițiate de o mărime de *intrare (input)*, cu scopul de a modifica și stabili în mod corespunzător valorile unei alte mărimi, de *ieșire (output)*. Automatizarea se referă la înlocuirea unor funcțiuni ale oamenilor (efort fizic, observație, memorie, decizie) prin sisteme automate. Un sistem de reglare automată a unei mărimi *(SRA)*, de ex., reglarea temperaturii la un cuptor, tensiunii la un generator, turației la un motor, cuprinde următoarele elemente : *elementul de prescriere*, care dă valoarea impusă mărimii de reglat (de ieșire) ; *elementul de măsură*, care măsoară mărimea de ieșire ; *elementul de comparare*, care compară mărimea de ieșire cu valoarea impusă ; *elementul de amplificare*, care amplifică → *abaterea* valorii reale de la valoarea impusă ; *elementul de execuție*, care acționează asupra mărimii de ieșire, aducînd-o la o valoare foarte apropiată de valoarea prescrisă. Un

sistem automat poate comanda mărimea de ieșire în conformitate cu un program dinainte stabilit, asigurînd menținerea constantă a valorii acesteia la apariția unor perturbații exterioare. *SRA* pot fi în circuit deschis sau în circuit închis, în care caz există o *legătură inversă (feed-back)* între ieșirea și intrarea sistemului. Principalele calități ale unui *SRA* sînt : sensibilitatea, stabilitatea și rapiditatea. Un regulator este *sensibil* dacă o abatere mică a valorii reglate dă comandă elementului de execuție pentru a o aduce la valoarea inițială. *Stabilitatea* este asigurată dacă, la apariția unei perturbații, mărimea de ieșire revine la valoarea inițială fără oscilații sau cu oscilații puternic amortizate. *Rapiditatea SRA* este dată de timpul care trece din momentul cînd mărimea de reglat atinge limita zonei de insensibilitate, pînă în momentul în care elementul de execuție intervine pentru readucerea mărimii de ieșire la valoarea impusă.

automobil electric → **electromobil.**

autopornire, reluare automată a funcționării motoarelor asincrone la revenirea tensiunii în rețea după o întrerupere sau scădere de scurtă durată a valorii tensiunii de alimentare. Adesea, lipsa de tensiune în rețea durează 1...3 s, ca urmare a acționării protecției la scurtcircuit, după care tensiunea revine, fie prin *RAR* (→ *reanclanșare automată rapidă*), fie ca urmare a trecerii pe rezervă (→ *AAR*). În general, motoarele asincrone se deconectează de la rețea la dispariția sau scăderea tensiunii sub o anumită valoare limită (cele cu protecție de tensiune minimă), iar pornirea decurge din nou cu ajutorul aparatelor de pornire (comutator stea-triunghi, autotransformator, reostate de pornire). Motoarele care acționează utilaje importante, pot funcționa cu a. Acestea nu se deconectează de la rețea la scăderea sau dispariția tensiunii, iar la restabilirea acesteia motorul autopornește, dacă cuplul electromagnetic dezvoltat de motor, corespunzător valorii la care a scăzut turația pe durata întreruperii sau scăderii tensiunii, depășește cuplul rezistent. Șocul de curent la a. este mai mare decît curentul nominal și depinde de valoarea → *alunecării* în momentul revenirii tensiunii. Protecția motoarelor cu a. trebuie reglată în mod corespunzător : protecția la scurtcircuit să nu declanșeze curenții de a. ; dacă există protecție de tensiune minimă, aceasta trebuie să aibă o temporizare de cel puțin 10 s.

autosincronizare, → *sincronizare* a generatorului sincron conectat la barele sistemului energetic, cu ajutorul cuplului asincron exercitat asupra coliviei de amortizare la alunecări de ±2...3%. Generatorul se aduce la o turație apropiată de cea sincronă, de obicei subsincronă (cu abaterile menționate) cu ajutorul motorului primar (turbină cu abur sau hidraulică) și se conectează la rețea fără a se verifica condițiile de punere în paralel (frecvențe egale, tensiuni egale și sinfazice). A., față de metoda sincronizării precise, are avantajul simplității schemei, rapidității procesului de punere în paralel, posibilității conectării în paralel în condiții de scădere pronunțată a tensiunii și frecvenței în sistem. Dezavantajul a. este șocul de curent în momentul conectării și, ca urmare, scăderea tensiunii la bornele rețelei.

autotransformator, → *transformator* la care o parte a înfășurării aparține atît primarului cît și secundarului, tensiunea secundară fiind luată de la o priză a înfășurării primare (fig. 22). Spre deosebire de transformator, care are înfășurările separate galvanic și care se dimensionează pentru întreaga putere primară, a. se dimensionează pentru o putere mai mică, numită putere interioară. Aceasta reprezintă puterea transferată pe cale transformatorică și este egală cu produsul dintre tensiunea electromotoare indusă de fluxul comun într-o înfășurare

și curentul acesteia. Neglijînd căderile de tensiune și curentul de mers în gol, puterea interioară este $S' = U_2 I_c = (1 - U_2/U_1)S = (1 - N_2/N_1)S$, unde N_1, N_2 reprezintă numărul de spire al înfășurării primare, respectiv secundar și acolo unde cele două tensiuni sînt de același ordin de mărime (rapoarte de transformare apropiate de unitate), de ex. la pornirea motoarelor asincrone și sincrone *(a. de pornire)*, la modificarea tensiunii în instalațiile de încercări și testări din laboratoare *(a. reglabile)*, precum și în sistemele energetice, la puteri foarte mari, pentru interconectarea liniilor de transport de tensiuni diferite (de ex., 220 kV și 400 kV).

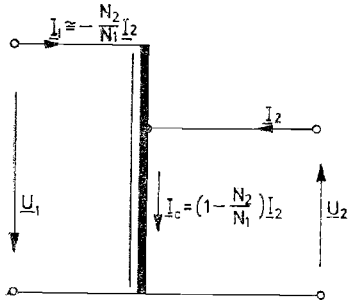


Fig. 22

dare, iar S — puterea de transfer, $S = U_1 I_1 = U_2 I_2$ (fig. 22). **A.** este cu atît mai ieftin față de un transformator obișnuit, datorită consumului mai mic de cupru (aluminiu), cu cît raportul dintre tensiunea joasă și cea înaltă se apropie mai mult de unitate. Din acest motiv, a. se mai numește *transformator economic* sau *transformator în conexiune economică*. Randamentul a. de putere mare poate atinge 99,7 %. La **a.** trifazate prezintă interes numai conexiunea stea. **A.** se utilizează acolo unde nu este necesară o separare galvanică între primar și

aval → montaj în aval.

avarie, deteriorare gravă a unui utilaj sau perturbație a regimului normal de funcționare a instalațiilor de producere, transport sau distribuție a energiei electrice, care are ca urmare întreruperea alimentării consumatorilor cu energie.

Avramescu, Aurel (n. 1903), inginer electromecanic român. Profesor universitar la București, membru al Academiei R. S. România. Lucrări științifice privind încălzirea conductelor electrice, pe baza cărora s-au stabilit norme de determinare a stabilității termice a conductoarelor la scurtcircuit (1937). A elaborat o metodă de determinare a căldurii specifice a metalelor, sub punctul de topire, cu ajutorul unor șocuri termice (1938). Lucrări de electromagnetism (efectul pelicular tranzitoriu), rețele electrice (calculul curenților de scurtcircuit), aparate electrice, automatică, informatică documentară.

B

B, simbol peatru → **inducția magnetică** și pentru → **susceptanță**.

bachelită → rășini sintetice.

balast, dispozitiv de limitare a curentului în circuitele cu tuburi de descărcare în gaze sau vapori metalici. *B. inductiv* este o bobină cu circuit magnetic din tole. Se utilizează la stabilizarea descărcării în lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune și la lămpile fluorescente (la care are și rol de producere a unui impuls de tensiune pentru amorsare). *B. capacitiv*, cu bobine și condensatoare, se utilizează pentru îmbunătățirea factorului de putere al tuburilor fluorescente și la aprinderea rapidă, fără starter. Sin.pentru **b.** inductiv, *bobină de soc.*

banană, → *fișă* unipolară formată dintr-o piesă centrală conductoare, acoperită parțial cu un manșon izolant, care stabilește contactul prin introducerea sa într-o bucșă metalică. Se utilizează numai la curenți mici (sub 1 A).

bandaj, înfășurare din sîrmă, din bandă de oțel sau din fibră de sticlă, cu care se consolidează laturile și capetele de bobină rotorice ale mașinilor electrice pentru a suporta solicitările forțelor centrifuge.

bandă izolatoare, bandă din țesătură textilă sau din material plastic acoperită cu un strat de cauciuc lipicios, sau alt izolant aderent, folosită la izolarea legăturilor electrice. **B.i.** nu asigură o izolație suficientă contra tensiunilor de atingere la tensiuni mai mari de 42 V în curent alternativ și 60 V în curent continuu.

bară, conductor masiv neizolat, cu secțiune relativ mare, folosit la înfășurările mașinilor electrice și transformatoarelor, precum și în instalații electrice. **B.** poate avea formă circulară, dreptunghiulară, tubulară sau profilată, cu o astfel de secțiune încît să nu se deformeze sub acțiunea forțelor electrodinamice, care la curenți mari de scurtcircuit pot atinge valori importante. *B. colectoare* servesc la ramificarea circuitelor sau la punerea în paralel a liniilor, transformatoarelor sau generatoarelor, în tablouri de joasă tensiune și în celule de înaltă tensiune. **B.** se utilizează și drept conductor de distribuție, la → *liniile scurte* ale cuptoarelor electrice sau în medii corosive sau cu temperaturi ridicate, care ar degrada izolația. **B.** pot fi în execuție : *deschisă*, amplasate la înălțimi inaccesibile ; *acoperită*, introduse în canale de beton ; *protejată*, introduse în cutii de tablă sau din policlorură de vinil, cu grad de protecție minimum IP 33 ; *capsulată*, cu grad de protecție IP 44. Distribuția cu **b.** protejate sau capsulate are numeroase avantaje față de instalațiile cu cabluri sau cu conducte izolate în tuburi de protecție : tronsoanele de cutii de **b.** sînt prefabricate, ceea ce micșorează manopera la montaj ; au siguranță mai mare în funcționare ; permit extinderea sau modificarea ușoară a rețelei de distribuție etc. Instalația de distribuție cu **b.** protejate sau capsulate cuprinde *b. magistrale* și *b. principale*, *b. de distribuție*, *cutii universale*, pentru îmbinări și derivații, *cutii de dilatare*, cu elemente elastice care să permită dilatarea **b.** fără deformări, *cutii de siguranțe*,

pentru racordarea receptoarelor individuale (fig. 23). **B.** magistrale sînt de regulă din aluminiu, cele de distribuţie pot fi şi de oţel şi se construiesc pentru curenţi de 200...1 600 A.

Bardeen, John (n. 1908), fizician american. Contribuţii importante în domeniul semiconductoarelor şi în supraconductivitate. În 1948, împreună cu W. H. Brattain şi W. B. Shokley,

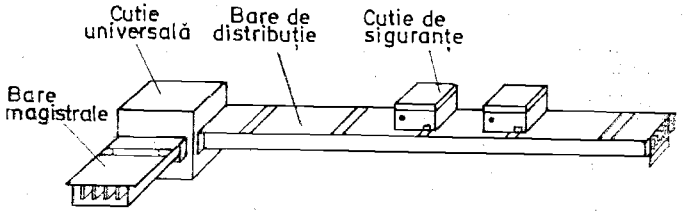


Fig. 23

inventează tranzistorul, pentru care a fost distins cu Premiul Nobel pentru fizică în 1956. În 1972, primeşte Premiul Nobel pentru fizică pentru elucidarea fenomenului de → *supraconductivitate.*

basculare, deranjament la funcţionarea → *invertorului* cu comutaţie de la reţea, de natura unui scurtcircuit, provocat de scăderea sau dispariţia tensiunii în reţeaua de curent alternativ, de supraîncărcarea sau comandarea tiristoarelor cu unghiuri prea mari de comandă (apropiate de 180°). Ca urmare a acestui deranjament tiristoarele nu se mai conuută ciclic, pentru că ventilul aflat în conducţie nu are timp să-şi recapete proprietăţile de comandă, iar la revenirea tensiunii de polarizare directă intră din nou în conducţie, fără impuls de comandă, în loc să comute curentul ventilului următor. Invertorul *basculează* în regim de redresor, ceea ce echivalează cu un scurtcircuit, deoarece tensiunea reţelei de curent alternativ nu se mai scade din tensiunea de alimentare a mutatorului, ci se adună cu aceasta, iar tensiunea rezultantă debitează doar pe înfăşurările transformatorului. Curenţii de scurtcircuit trebuie deconectaţi de către dispozitivele de protecţie (de regulă, siguranţe fuzibile ultrarapide; suprimarea impulsurilor de comandă nu mai are efect în aceste cazuri). Supraîncărcarea invertorului, ca şi scăderea tensiunii în reţeaua de curent alternativ au ca efect mărirea *unghiului de suprapunere anodică* (→ *comutaţie*) şi micşorarea *unghiului de stingere*, necesar revenirii tiristorului în stare comandabilă. La dispariţia tensiunii alternative nu se mai poate produce comutaţia, deoarece tensiunile din ramurile ventilelor devin nule, iar sursa de curent continuu este scurtcircuitată de fazele transformatorului. Pentru evitarea **b.**, unghiul de comandă al tiristoarelor se limitează la $\alpha_{max} \leqslant 180° - (\gamma + \delta)$, unde γ este unghiul de suprapunere anodică la sarcină maximă (unghiul de comutaţie), iar δ unghiul de stingere sigură. Practic, $\alpha_{max}=150°$. La mutatoarele cu vapori de mercur **b.** poate fi produsă de *aprinderea inversă*, care constă în apariţia unui arc parcurs de curent în sens invers sensului normal, prin emitere de electroni de către anod. Aprinderea inversă se evită prin menţinerea unui vid înaintat în tub şi prin „ascunderea" anodului faţă de catod (amplasarea sa în nişe laterale) sau prin ecranarea anodului. Reaprinderea arcurilor inverse poate fi evitată prin pozitivarea grilelor din faţa anozilor, cu ajutorul unor relee rapide.

baterie, ansamblu de elemente de acelaşi tip, active sau pasive, care alcătuiesc o unitate funcţională. *B. de elemente galvanice sau acumulatoare* sînt utilizate ca surse autonome de energie în telecomunicaţii, instrumen-

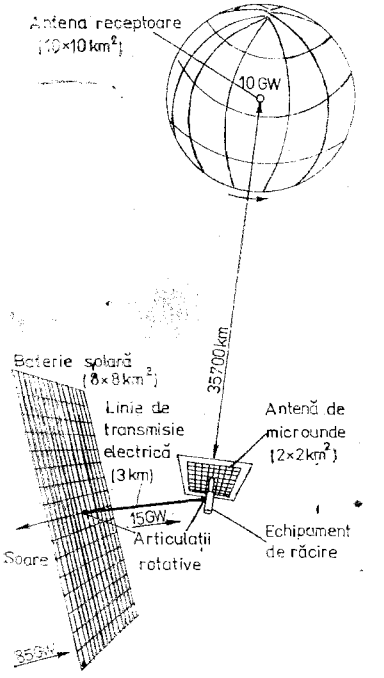


Fig. 24

te de măsurat, lanterne electrice, circuite operative în centrale şi staţii electrice, tracţiune electrică etc. Conectarea în *serie* a elementelor măreşte obţinerea unei tensiuni mai mari la borne, iar conectarea în *paralel* — furnizarea unui curent mai mare. Caracteristicile acestor **b.** sînt tensiunea la borne şi capacitatea. *B. de condensatoare*, utilizate la compensarea puterii reactive în scopul îmbunătăţirii factorului de putere la consumatorii industriali, sînt caracterizate de tensiunea nominală şi de puterea reactivă nominală.

baterie solară, baterie formată din → *convertoare fotoelectrice.* **B.s.** poate conţine zeci de mii de elemente, a căror suprafaţă nu depăşeşte cîţiva cm², conectate în serie şi în paralel. Pentru ca energia electrică dată de **b.s.** să fie disponibilă şi în perioada fără soare, acestea funcţionează în tampon cu o baterie de acumulatoare. **B.s.** se utilizează ca surse de energie pentru sateliţi şi nave cosmice (de ex., misiunile Apollo au dispus de **b.s.** de 10 kW, cu o suprafaţă totală a celor 4 aripi de 110 m²) sau ca surse de energie, de ordinul kilowaţilor, pentru locuinţe izolate (de ex. pentru staţii meteorologice). **B.s.** de puteri mici (de ordinul mW) se folosesc la alimentarea schemelor de microelectronică (ceasuri, calculatoare) sau a organelor artificiale implantate în organismul uman. **B.s.** de puteri mari, în scopuri energetice, ar trebui plasate în afara efectelor de filtrare ale atmosferei Pămîntului. În fig. 24 este prezentată o posibilă centrală electrică solară satelit pe o orbită geostaţionară (Summers, 1971). O **b.s.** cu suprafaţa de cca 64 km² situată la distanţa de 35 700 km, ar fi legată printr-o linie de înaltă tensiune de 3 km cu o antenă de microunde, care ar transmite energia pe Pămînt, unde ar fi recepţionată de o antenă cu suprafaţa de 81 km² şi ar fi convertită în energie de frecvenţă industrială, corespunzătoare unei puteri de 10 000 MW. Randamentul maxim obţinut la **b.s.** actuale (la fotoelementele de arseniură de galiu, acoperite cu un strat subţire de AsAlGa) este de 22%.

bec electric → **lampă electrică.**

Bell, Alexander Graham (1847—1922), inventator american de origine scoţiană. Inginer şi profesor de psihologia vorbirii. Încercările sale de creare a unui limbaj prin semne pentru surdomuţi l-au condus la inventarea telefonului, al cărui principiu de funcţionare se aplică şi astăzi. A perfecţionat fonograful inventat de T. A. Edison, folosind discuri de ceară. A imaginat un procedeu electric de localizare a

obiectelor metalice în corpul omului, la a cărui întrebuințare nu s-a renunțat decît după descoperirea razelor X. A construit primul tip de navă rapidă cu pernă de aer (1919). Numele său a fost atribuit unității de → *atenuare*, decibel (dB).

Bercovici, Martin (1902—1971), inginer electrician român. Profesor universitar la București, membru al Academiei R. S. România. Membru permanent al Conferinței Internaționale a Marilor Rețele Electrice de Înaltă Tensiune (CIGRE). A participat la planificarea dezvoltării sistemului energetic național și la tratativele de interconectare a sistemelor energetice ale țărilor socialiste și de amenajare a sistemului hidroenergetic de la Porțile de Fier. Creator al școlii românești de rețele și sisteme electrice.

bifazat → **sistem polifazat.**

bilanț energetic, situație referitoare la cantitățile de energie primite și cedate într-o rețea delimitată, pe o perioadă de timp determinată (de regulă, 24 h, lună sau an). La întocmirea **b.e.** trebuie să se ia în considerare situația reală, în care consumatorii sînt încărcați cu sarcină variabilă și nu funcționează concomitent. **B.e.** ale consumatorilor industriali (pe întreprindere sau pe utilaje importante) se întocmesc prin calcul sau măsurători și servesc la evidențierea pierderilor de energie în linii, transformatoare și receptoare, cu scopul diminuării lor și măririi randamentului de utilizare a energiei electrice.

bimetal, material conductor, obținut prin fixare intimă, pe toată lungimea a două benzi din metale sau aliaje diferite, unul *(stratul activ)* cu coeficient de dilatare sensibil mai mare decît celălalt *(stratul pasiv)*. Prin încălzire, ca urmare a tensiunilor mecanice cauzate de dilatarea diferită a celor două straturi, se produce încovoierea **b.**, care poate acționa un contact electric sau un ac indicator. *Caracteristica de încovoiere* a **b.** arată dependența deformației de temperatură, deformație ce trebuie să rămînă în domeniul elastic. Proprietățile **b.** sînt: 1) Săgeata la încovoierea termică care reprezintă deplasarea capătului liber al unei lamele de **b.** încastrate, de secțiune dreptunghiulară, sub acțiunea încălzirii, greutății proprii și, eventual, a unor forțe exterioare (fig. 25). La o temperatură ambiantă

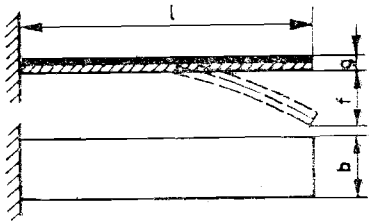


Fig. 25

ϑ_1 și la o temperatură omogenă a lamelei ϑ_2, săgeata f (perpendiculară pe direcția lamelei) este $f = al^2(\vartheta_1 - \vartheta_2)/g$, unde a este săgeata specifică (cuprinsă între $9{,}7 \cdot 10^{-6}$ K^{-1} și $20 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}), l — lungimea liberă a lamelei pînă la punctul de măsurare (punctul de contact); g — grosimea lamelei. La stabilirea formulei s-a neglijat încovoierea în plan transversal, care frînează deformarea în plan longitudinal și care este mică la lamele lungi ($l \gg f$) și de lățime b mică ($b < 0{,}2\,l$). 2) *Rezistivitatea* la 20°C. 3) *Domeniul temperaturii de lucru* (practic de la −20°C la 400°C), domeniu în care nu apar abateri mai mari de ±5% ale săgeții măsurate față de cea calculată. 4) *Temperatura limită de funcționare*, la care, în lipsa unor forțe exterioare, încă nu apar deformații plastice (cca 450°C). Forma lamelelor de **b.** poate să fie rectilinie (eventual linie frîntă) sau curbilinie, plană sau spațială (spirală sau elice). Pentru mărirea sensibilității **b.**, a forței de acționare și a stabilității termice se pot utiliza pachete de lamele de **b.** sau lamele tri-, tetra- sau pentabimetalice. Materialele pentru **b.** trebuie să aibă coeficienți de dilatare cît mai diferiți, limita de elasticitate cît mai mare, pentru a avea temperaturi limită mari, iar straturile activ și pasiv să aibă însușiri mecanice asemănătoare. Se utilizează frecvent aliaje de fier și nichel. Pentru stratul *pasiv*, cel mai mic coeficient de dilatare (constant numai pînă la cca 150°C) îl are *invarul* (64% Fe, 36% Ni, $\alpha = 0{,}9 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}); *superinvarul* (58% Fe, 42% Ni) are coeficientul de dilatare $\alpha = 4 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}, constant pînă la cca 300°C. Pentru stratul *activ* se folosesc aliaje de fier, nichel și metale neferoase (de ex., 74% Fe, 20% Ni, 6% Mn, $\alpha = 15{,}5 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}). Aluminiul, deși are un coeficient de dilatare mare ($\alpha = 23 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}), nu se prea folosește, din cauza dificultății de legare cu stratul pasiv. La confecționarea **b.** principala dificultate o constituie îmbinarea lamelelor. Se aplică procedee de sudare, lipire sau nituire. Cele mai bune rezultate se obțin prin presarea la cald (1 100...1 200°C) a straturilor, acoperite, prin galvanizare cu fier sau cupru, în scop de protecție și apoi, laminarea la rece pînă la grosimea dorită. **B.** au utilizări multiple: protecția mașinilor, aparatelor și instalațiilor la suprasarcini de durată, pentru evitarea supraîncălzirii (→ *releu termic*); termostate la cuptoare de joasă temperatură și aparate electrocasnice (fier de călcat, ventilatoare cu aer cald etc.); startere pentru amorsarea descărcării la tuburile fluorescente; dispozitive de semnalizare la autovehicule și în circulația rutieră; instrumente de măsurat cu **b.**; compensarea temperaturii ambiante la unele instrumente de măsurat etc.

Biot, Jean-Baptiste (1774—1862), fizician, matematician și astronom francez. Profesor universitar la Paris. Cercetări în diverse domenii ale științei și tehnicii. A studiat, deopotrivă, meteoriții, aurorele polare, magnetismul terestru (în acest scop, a făcut împreună cu Gay-Lussac prima ascensiune științifică), teoria matematică a propagării sunetelor și a conductivității termice, polarizarea luminii și acromatismul lentilelor, determinarea zahărului din sînge pentru combaterea diabetului etc. A stabilit pe cale experimentală, împreună cu F. Savart (1820), expresia intensității cîmpului magnetic produs de un conductor rectiliniu străbătut de un curent continuu, expresie generalizată de Laplace pentru un conductor de o formă oarecare (formula lui Laplace).

bipolar, calitate a unor mașini, aparate sau instrumente electrice de a avea doi poli magnetici sau două contacte.

blindaj, protecție metalică pentru unele circuite electrice, care le apără de influențe electrostatice sau magnetice exterioare sau care împiedică influența acestor circuite asupra mediului înconjurător.

bloc, ansamblu de două sau mai multe echipamente electrice (aparate sau mașini) legate direct, fără aparate de comutație între ele. *B. generator-transformator*, unitate funcțională într-o centrală electrică. *B. transformator-linii principale*, post de transformare utilizat la distribuția cu cutii de bare capsulate sau protejate, la care barele magistrale sînt legate direct de bornele de joasă tensiune ale transformatorului. Sistemul este simplu, compact și nu necesită tablou de joasă tensiune.

bloc de linie automat, sistem de semnalizare automată utilizat în tracțiunea feroviară modernă, caracterizat prin secționarea electrică a căii cu șine (izolarea șinelor cu joante izolante) în zone de cca 3 km, pentru a o putea utiliza ca → *circuite de cale* pentru curentul de semnalizare. Cînd perechile de roți scurtcircuitează cele două șine, releul conectat la acestea nu mai este alimentat, iar semnalul de la intrarea pe această zonă se comută pe roșu.

Blondel, André (1863–1938), inginer și fizician francez. Contribuții la clasificarea mărimilor fotometrice și la adoptarea unităților de măsură. A inventat (1893) oscilograful electromagnetic cu echipaj mobil. În domeniul radiocomunicațiilor, a propus utilizarea posturilor de radioemisie cu scintei de frecvență audio (1898), a studiat radiogoniometria și a construit primul radiofar pentru navigație (1901). Principalele sale lucrări sînt de electrotehnică teoretică (propagarea perturbațiilor de-a lungul liniilor) și de mașini electrice *(transformarea B.)*.

bobinaj, înfășurare.

bobină, dispozitiv format din bucle conductoare (spire) așezate una lîngă alta (impropriu inductivitate). **B.** au formă circulară, pătrată sau dreptunghiulară, fiind înfășurate coaxial *(b. cilindrică* sau *solenoid)* sau toroidal *(→ tor)*. Se întîlnește la înfășurările transformatoarelor, mașinilor electrice, electromagneților, reactoarelor, inductoarelor etc., avînd rolul fie de a crea un cîmp magnetic, fie de a fi sediul unei tensiuni induse pe cale electromagnetică. Mărimea fizică caracteristică pentru **b.** este *→ inductivitatea* (inductanța). Inductivitatea unei **b.** cilindrice cu lungimea l mult mai mare decît diametrul său este $L = N^2\mu s/l$, H, unde N este numărul de spire al **b.**; μ — permeabilitatea magnetică a miezului și s — secțiunea **b.** O **b.** are inductivitatea de 1 henry, dacă, fiind parcursă de un curent de 1 amper, produce un flux magnetic de 1 weber. Referitor la tensiunea indusă, într-o **b.** cu inductivitatea de 1 henry, o variație liniară a curentului său de 1 amper pe secundă induce o tensiune electromotoare de 1 volt. La conectarea **b.** în serie, inductivitățile lor se adună; la conectarea în paralel, $1/L_e = 1/L_1 + 1/L_2 + \ldots 1/L_n$, L_e fiind inductivitatea echivalentă, în ipoteza că **b.** nu sînt cuplate magnetic. Dacă la bornele unei **b.** cu rezistență neglijabilă se aplică o tensiune alternativă cu valoarea efectivă U, de frecvență f, curentul din **b.** are valoarea efectivă $I = U/(2\pi fL) = U/X_L$ și este defazat cu 90° în urma tensiunii. Mărimea $X_L = \omega L$ reprezintă reactanța inductivă a **b.**, $\omega = 2\pi f$ fiind pulsația tensiunii, iar L — inductivitatea **b.** La închiderea și deschiderea circuitelor care conțin **b.** apar *procese tranzitorii*. Dacă o **b.** cu inductivitatea L și rezistența R constante se conectează la o sursă de tensiune continuă, prin circuit se stabilește un curent variabil în timp $i(t) = (U/R)\,[1 - \exp(-tR/L)]$, iar căderea de tensiune inductivă $u_L(t) = U\exp(-tR/L)$, (fig. 26). Raportul $T = L/R$ reprezintă constanta de timp a circuitului și se măsoară în secunde. Grafic, valoarea constantei de timp se determină cu ajutorul subtangentei. După 3...4 constante de timp se poate considera că valoarea curentului devine staționară (în cazul considerat, egală cu valoarea U/R). La întreruperea unui circuit inductiv, la bornele **b.** apare o tensiune electromotoare de autoinducție $u_e = -L\,di/dt$, cu atît mai mare, cu cît întreruperea circuitului este mai rapidă, tensiune care poate periclita izolația **b.** sau alte elemente conectate la ea. Din această cauză, la deconectarea rapidă a circuitelor inductive se impune, uneori, scurtcircuitarea **b.** sau conectarea în paralel cu **b.** a unor

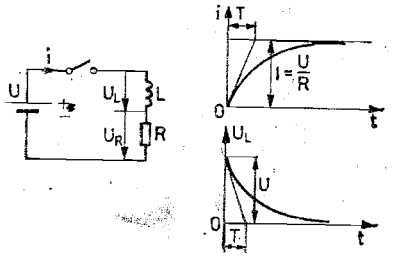


Fig. 26

bobine de stingere (în curent continuu).

bobină de absorbție → redresor.

bobină de aplatizare, bobină de netezire.

bobină de filtrare, bobină de netezire.

bobină de inducție, bobină de construcție specială care servește la producerea unor tensiuni înalte cu ajutorul unei surse de tensiune continuă joasă. Întreruperea periodică a curentului din înfășurarea primară a **b.de i.** (de ex., de către ruptorul acționat de arborele de distribuție al motorului de automobil) produce tensiune electromotoare de inducție de valoare mare în înfășurarea secundară cu un număr mare de spire. Impulsurile de înaltă tensiune date de **b.de i.** se pot folosi, de ex., la amorsarea scînteilor între electrozii bujiilor. Sin. *bobină Ruhmkorff*.

bobină de joantă → circuite de cale.

bobină de netezire, bobină cu miez de fier utilizată în schemele de redresare pentru eliminarea armonicilor superioare din curentul redresat (micșorarea ondulației curentului). Efectul de netezire se datorează dependenței reactanței inductive a bobinei de frecvență ($X_L = 2\pi fL$) astfel că circuitul de curent continuu în care este conectată **b.de n.** prezintă impedanță mare pentru armonicile superioare. Pentru evitarea saturației, **b.de n.** se construiesc, de regulă, cu întrefier. Sin. *bobină de aplatizare, bobină de filtrare*.

bobină de reactanță, bobină, cu sau fără miez de fier, utilizată pentru a introduce o reactanță inductivă în circuitul în care se conectează. *B. de r. fără miez de fier* se utilizează, în special, pentru limitarea curenților de scurtcircuit în instalațiile de înaltă tensiune *(reactoare)*, sau ca filtre în circuitele rezonante de înaltă frecvență. La *b. de r. cu miez de fier*, spre deosebire de cele în aer, inductivitatea variază neliniar cu intensitatea curentului. Circuitul magnetic poate fi din tole, laminate la cald sau la rece, din aliaje fier-nichel sau din ferită, în funcție de destinație. *B. de r. cu întrefier* au circuitul magnetic întrerupt în unul sau mai multe locuri, cu scopul de a se evita saturația bobinei la curenți mari; se poate obține o linearizare a caracteristicii de magnetizare, astfel că pînă la curentul nominal inductivitatea se menține constantă. *B. saturabile*, proiectate să funcționeze pe porțiunea saturată a caracteristicii, se folosesc la stabilizatoarele de tensiune ferorezonante, la multiplicatoarele statice de frecvență, ca bobine de limitare a vitezei de variație a curentului (di/dt) la tiristoare etc. *B. saturabile cu premagnetizare în curent continuu* se utilizează ca modificatoare de curent (de ex., la redresoarele de putere cu diode) sau ca amplificatoare magnetice.

bobină de stingere, bobină de reactanță cu întrefier prin care se conectează la pămînt neutrul transformatoarelor (de regulă, la rețelele de medie tensiune, de ex., 35 kV) pentru compensarea curentului capacitiv de punere la pămînt. Reactanța bobinei, X_0, este astfel aleasă, încît să îndeplinească condiția de rezonanță cu capacitatea rețelei, C_0: $3X_0\,\omega C_0 = 1$ (s-a neglijat reactanța omopolară a transformatorului). La rezonanță impedanța omopolară a rețelei este foarte mare, dacă rezistențele sînt mici. Prin urmare, curentul la locul de defect este mic și arcul electric produs prin punerea la pămînt a liniei se poate *„stinge"* la prima sa trecere prin zero. Toate punerile la pămînt pasagere, care sînt cele mai frecvente, se pot elimina fără intervenția protecției, deci fără deconectarea liniei. La funcționarea normală a liniei, în regim simetric, neutrul

transformatorului este la acelaşi potenţial cu pămîntul, deci b.de s. nu este parcursă de curent. B.de s. are inductivitate mare, reglabilă fie prin modificarea numărului de spire, fie a întrefierului. Verificarea şi reglarea b.de s. se face prin măsurarea tensiunii neutrului. Dezavantajul tratării neutrului cu b.de s. este tensiunea mare a fazelor „sănătoase" faţă de pămînt (egală cu tensiunea de linie), în cazul funcţionării reţelei cu o fază pusă la pămînt. De asemenea, la reţelele de putere mare, chiar la o compensare exactă a curentului capacitiv, din cauza rezistenţelor, curentul prin arc poate avea valori mari, iar stingerea nu se mai produce *(→ tratarea neutrului)*. Sin. *bobină Petersen*.

bobină de şoc → **balast**.

bobină disc, galet.

bobină Petersen, bobină de stingere.

bobină Ruhmkorff, bobină de inducţie.

bornă, piesă metalică fixată pe un aparat, instrument de măsurat sau pe o maşină electrică prin intermediul căreia se face legătura electrică cu circuitele acestor echipamente.

Boucherot, Paul (1869—1943), inginer francez. Cercetări în domeniul maşinilor electrice. Încă din 1894 efectuează studii privind funcţionarea maşinilor asincrone polifazate. Cercetări privind fenomenele tranzitorii la maşinile sincrone, fluxurile de scăpări şi puterea reactivă, înfăşurările maşinilor electrice. A făcut încercări de utilizare a energiei termice a mărilor (folosirea diferenţei de temperatură a apei din adîncul unor mări tropicale şi a apei de la suprafaţă) la desalinizarea apei de mare sau la producerea energiei electrice.

branşament, legătura dintre reţeaua publică de energie electrică şi circuitele abonatului.

broască electromagnetică, instalaţie electromagnetică, alimentată de regulă la tensiuni mici, utilizată la închiderea uşilor sau porţilor cu ajutorul unor electromagneţi.

buclă de curent, dipol magnetic.

Budeanu, Constantin (1886—1959), inginer electrician român. Profesor universitar la Bucureşti, membru al Academiei R.P.R. A fundamentat teoretic regimul deformant, propunînd definiţia puterii reactive şi a factorului de putere în acest regim, definiţii adoptate de Comisia Electrotehnică Internaţională (IEC) în anul 1930. A propus ca unitate de putere reactivă voltamperul reactiv (var), unitate adoptată şi folosită în sistemul internaţional de unităţi (SI). A introdus în electrotehnică noţiunea de *putere deformantă* şi a propus pentru aceasta ca unitate de măsură voltamperul deformant (vad), unitate care încă nu este unanim acceptată. Lucrări editate : „Puissances réactives et fictives", 1927 ; „Bazele teoretice ale electrotehnicii", 2 vol., 1958—1959.

bujie, dispozitiv înşurubat într-o cameră de ardere pentru aprinderea unui amestec aer-combustibil. B. constă dintr-un electrod central, montat prin intermediul unui izolator într-o carcasă metalică de care este fixat un al doilea electrod. Din cauza solicitărilor termice diferite la diverse tipuri de motoare, b. se construiesc cu mai multe *valori termice*. Cu cît este mai mare valoarea termică a b., cu atît ea rămîne mai rece în timpul funcţionării. Electrozii şi izolatorul se aleg în funcţie de temperatura motorului la o încărcare medie (500...850°C). Electrozii se fac din oţel aliat cu crom şi nichel, sau din oţel înnobilat cu argint sau platină. Distanţa dintre electrozi se reglează la 0,4...1 mm, în funcţie de tipul motorului. Pentru diminuarea paraziţilor radiofonici unele b. au rezistenţa de deparazitare încorporată.

Un tip special de b. este cea cu electrodul de masă circular, necesitînd o tensiune de aprindere mai mică.

buşon, patron.

buton, întreruptor de joasă tensiune şi curenţi mici, caracterizat prin aceea că la dispariţia forţei care a provocat închiderea contactelor, contactele mobile revin în poziţia iniţială *(→ normal deschis, normal închis)*.

buzer, dispozitiv electromagnetic alimentat de la baterie, utilizat la verificarea continuităţii circuitelor. Cînd circuitul exterior al b. este închis, o membrană produce un sunet continuu.

C

c, simbol pentru viteza de propagare a undelor electromagnetice în vid (viteza luminii).

C, simbol pentru → **capacitate electrică.**

C → **coulomb.**

°C, grad Celsius.

cablu, conductă electrică din unul sau mai multe conductoare de cupru sau aluminiu izolate, îmbrăcate într-o manta etanşă, peste care, în funcţie de destinaţie, se aplică învelişuri protectoare, rezistente la solicitări mecanice sau la influenţa mediului. **C.** se pot amplasa în pămînt, în aer sau în apă. După utilizare, **c.** pot fi : *c. de energie* şi *c. de telecomunicaţii* (telefonie, telegrafie, radio sau televiziune), iar după construcţie : **c.** cu izolaţie de cauciuc sau din materiale plastice; **c.** cu izolaţie de hîrtie impregnată; **c.** cu ulei sub presiune; **c.** cu gaz sub presiune; **c.** criorezistive; **c.** supraconductoare. 1) *C. cu izolaţie de cauciuc* şi manta de plumb se utilizează pînă la tensiunea de 6 kV; *c. cu izolaţia din materiale plastice* (policlorură de vinil sau polietenă) şi manta din policlorură de vinil, foarte răspîndite în prezent, au tensiunea de lucru limitată la 10 kV (în mod excepţional 20 kV), din cauza pierderilor mari de energie în dielectric, proporţionale cu U^2 (→ *încălzire dielectrică*). **C.** cu izolaţia de polietenă nu necesită învelişuri protectoare metalice rezistente la umezeală. 2) *C. cu izolaţie de hîrtie impregnată* pot fi : cu ulei viscos (1...35 kV); cu ulei de mică viscozitate (1...10 kV), pentru pozări înclinate şi verticale. 3) *C. de înaltă tensiune cu ulei* au izolaţia de hîrtie impregnată; uleiul fiind sub presiune, umple toate eventualele goluri de aer, asigurînd o rigiditate dielectrică mult superioară celei realizate în **c.** cu hîrtie impregnată (tensiuni de lucru peste 110 kV). 4) *C. de înaltă tensiune cu gaz sub presiune* (cel mai utilizat gaz — hexafluorura de sulf, SF_6) au conductoarele fazelor introduse în tuburi ermetice în care se află gazul izolant. **C.** cu SF_6 au un gabarit mic datorită proprietăţilor izolante excepţionale ale gazului (care se menţine între — 40°C şi 1 000°C şi, în plus, nu prezintă → *efect corona*. 5) *C. criorezistive* (răcite cu azot lichid san hidrogen lichid) lucrează la temperaturi de cca 70 K, la care rezistivitatea majorităţii conductoarelor este foarte mică. Dificultatea introducerii pe scară largă a **c.** criorezistive constă în necesitatea asigurării temperaturii scăzute (—200°C) pe toată lungimea **c.** în pofida încălzirii acestuia ca urmare a pierderilor prin efect Joule, incomplet eliminate. 6) *C. supraconductoare* (răcite cu heliu lichid) pot transporta energii foarte mari cu secţiuni mici (→ *supraconductor*). Problemele care apar la transportul energiilor mari sînt legate de intensităţile mari de curent, care crează cîmpuri magnetice puternice şi de tensiunile ridicate, care produc cîmpuri electrice intense; intensitatea cîmpului magnetic este limitată de pierderile ce apar în supraconductoare în cîmp alternativ, iar intensităţile maxime ale cîmpului electric, de pierderile ce se produc în dielectric

(izolarea cu vid sau cu heliu lichid este caracterizată de pierderi minime în dielectric, dar nu suportă intensităţi de cîmp electric aşa de mari ca izolanţii solizi). **C.** supraconductoare nu au depăşit încă faza de laborator

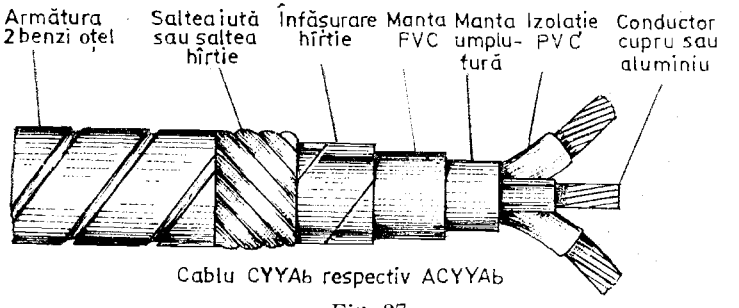


Fig. 27

datorită dificultăţilor de ordin tehnologic (îmbinarea tronsoanelor, contracţia provocată de răcire etc.). *Simbolizarea* **c.** *de energie* : M — pentru receptoare mobile; C — **c.** de energie (primul C) şi cauciuc (al doilea C); H — hîrtie impregnată; I — manta individuală; E — ecranat; EE — dublu ecranat; A — aluminiu (la începutul simbolului) şi armătură (la sfîrşitul simbolului); r — sîrmă rotundă; p — sîrmă plată; z — sîrmă profilată; b — benzi de oţel; 1 — înveliş protector (de ex., iută impregnată); T — împletitură, tresă; O — tub de oţel; U — ulei; g — gaz; s — special; S — semnalizare; Y — material plastic; M — minier; N — naval; As — pentru ascensoare; p — conductoare pilot (de comandă); Sud — sudare; P — plumb Un exemplu de simbolizare este dat în fig. 27, în care este reprezentat un **c.** cu izolaţie şi manta de policlorură de vinil.

cablu purtător, cablu care susţine firul de contact la o → *suspensie catenară*, fiind totodată şi element conductor, toroanele lui fiind, de regulă, din sîrmă bimetal, cu o inimă de oţel şi un înveliş de cupru, rezistent la coroziune. Conexiunea electrică dintre **c.p.** şi firul de contact se face cu funii de cupru.

cabraj, descărcare a osiilor din faţă şi încărcare suplimentară a celor din spate (repartizare neuniformă a greutăţii) la o locomotivă electrică. **C.** este provocat de cuplul produs de forţa de tracţiune, care se aplică la cîrlig, şi forţa rezistentă, cu punctul de aplicaţie la contactul roată-şină. **C.** are ca efect imposibilitatea folosirii integrale a greutăţii aderente a locomotivei, deci micşorarea forţei maxime de tracţiune ce poate fi dezvoltată. **C.** poate fi atenuat prin măsuri constructive (de ex., locomotive electrice cu „tracţiune joasă").

calare a periilor, fixare a colierului port-perii la o maşină electrică, de regulă cu şuruburi, într-o poziţie care să asigure o comutaţie fără scîntei. La maşinile fără poli auxiliari (de puteri mici), periile se decalează faţă de axa neutră geometrică, pentru inducerea unei tensiuni electromotoare de rotaţie în secţia care comută, în scopul anulării tensiunii electromotoare de autoinducţie (→ *comutaţie*). Decalarea se face în sensul de rotaţie la generator şi în sens invers rotaţiei la motor. **C.a p.** se întîlneşte şi la unele generatoare de curent continuu (de ex., generatoarele de sudare sau

la unele dinamuri de automobil), în scopul reglării curentului.

cameră de stingere, dispozitiv de stingere a arcului electric la aparatele de comutație. C. de s. lucrează, în esență, pe două principii: mărirea tensiunii necesare arcului, prin alungirea sa (principiu aplicat la aparatele de curent continuu); segmentarea arcului cu ajutorul unor grătare și răcirea sa prin apropierea de pereții refractari reci ai c. de s. (principiu utilizat în curent alternativ). Arcul electric este forțat să intre în c.de s. fie printr-un curent ascendent de gaze calde, fie sub acțiunea unor forțe electromagnetice exercitate asupra sa de către un cîmp magnetic *(suflaj magnetic)*. Se deosebesc c.de s. cu șicane refractare izolante (fig. 28, *a*) și c. de s. cu grătare metalice (fig. 28, *b*), formate din plăcuțe de oțel, cupru sau alamă, cu grosime de 1...4 mm, amplasate la o distanță de 1...10 mm. C.de s. pot fi încorporate în aparat sau detașabile.

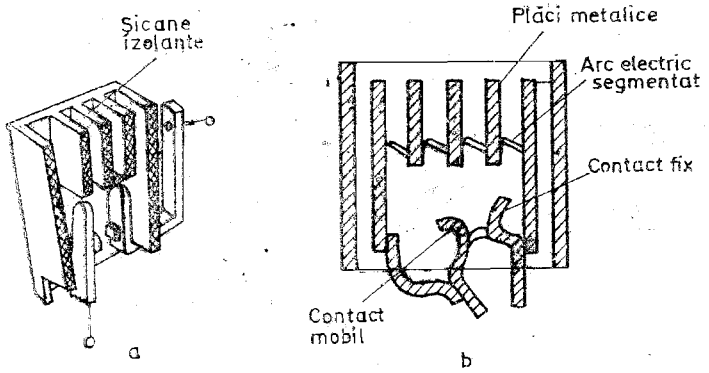


Fig. 28

canal de cabluri, canal vizitabil, de beton sau zidărie, acoperit cu plăci amovibile, în care se așază cabluri electrice (de energie, de comandă-semnalizare etc.). Cablurile se amplasează pe fundul canalului sau lateral, pe console sau pricuri, pe una sau pe ambele laturi. Distanța minimă, pe orizontală, între console sau între console și latura opusă, este de 30 cm, iar distanța pe verticală, între rîndurile de cabluri, de minimum 15 cm. Cablurile de comandă și semnalizare se amplasează pe latura opusă celei cu cabluri de energie; dacă c.de c. are o singură latură, cablurile de energie se așază deasupra și se separă de cablurile de comandă prin materiale ignifuge. Protecția hidrofugă se obține fie prin hidroizolare, fie prin așezarea c.de c. pe straturi de drenaj. Capacele c.de c. trebuie să fie din materiale necombustibile (beton, tablă striată, plăci de azbociment). Cablurile se mai pot așeza în *canale colectoare*, destinate amplasării tuturor conductelor (apă, gaz, abur etc.).

candelă (cd), unitate de măsură pentru intensitatea luminoasă (unitate fundamentală în SI), egală cu intensitatea luminoasă, în direcția normalei, a unei suprafețe cu aria de 1/600000 m² dintr-un corp absolut negru (radiator integral), la temperatura de solidificare a platinei (2046,5 K) și la presiunea de 101325 N/m². Toate celelalte

unități fotometrice sînt derivate din cd.

cantitate de electricitate, sarcină electrică.

cantitate de iluminare, mărime fizică ce reprezintă produsul dintre → *iluminarea E* a unei suprafețe și timpul cît este expusă la lumină suprafața considerată, $Q_E = \int_0^t E\,dt$, utilizată în tehnica fotografică, cinematografie, televiziune etc. Unitatea de măsură a c.de i. este luxsecunda, lx.s. Sin. *expunere luminoasă*.

cantitate de lumină, mărime fizică definită prin produsul dintre → *fluxul luminos*, Φ, emis sau primit de o suprafață și intervalul de timp considerat, $Q = \int_0^t \Phi\,dt$. Ea indică energia debitată de sursa de lumină, evaluată după senzația luminoasă pe care o produce, și este analoagă energiei, măsurate în joule. Unitatea de măsură a c.de l. este lumensecunda, lm.s.

capacitate a acumulatorului → capacitate a elementului galvanic.

capacitate a elementului galvanic, sarcină electrică totală ce poate fi furnizată de un element galvanic nereversibil sau reversibil (acumulator) în anumite condiții de descărcare. *Capacitatea nominală a unui acumulator* este sarcina electrică ce poate fi debitată la un anumit curent sau timp de descărcare (de ex., la acumulatoarele de autovehicule capacitatea nominală se consideră la un timp de descărcare de 20 ore, ceea ce corespunde la o densitate de curent de 0,25 A/dm² de placă pozitivă). *Capacitatea specifică* se referă la unitatea de masă, de volum sau de suprafață a electrozilor. Unitatea practică de măsură a capacității acumulatoarelor este amperora, Ah.

capacitate de rupere, curent maxim ce poate fi întrerupt de un aparat de comutație, fără să i se deterioreze contactele sau să se producă deranjamente în instalație ca efect al arcului electric. Întreruptoarele automate și siguranțele fuzibile sînt capabile să rupă (întrerupă) curenți de scurtcircuit; contactoarele, întreruptoarele manuale, comutatoarele, separatoarele de sarcină, controlerele pot rupe curenți egali cu cei nominali; separatoarele și prizele cu fișă nu au posibilitatea de a întrerupe curenți, prin urmare acestea se manevrează numai în gol (fără sarcină).

capacitate de supraîncărcare, raport dintre valoarea maximă și valoarea nominală *(→ date nominale)* a unei mărimi ce caracterizează o mașină electrică, aparat sau instalație. În cazul transformatoarelor c.de s. se referă la puterea aparentă S (kVA). Supraîncărcarea transformatoarelor se admite în caz de avarie și este limitată în timp (la transformatoarele cu circulație naturală a uleiului, $S_{max}/S_n = 1{,}3$ — admisă timp de 2 ore; 1,6 — 30 minute; 1,75 — 15 min; 2,9 — 7,5 min; 3,4 — 3,5 minute). La *acționările electrice* c.de s. se referă la curentul absorbit de motor, I_{max}/I_n, care poate suprasolicita la încălzire înfășurările și comutația (la mașinile cu colector) sau la cuplul mecanic la arbore, M_{max}/M_n. În general, toate motoarele de acționare electrică trebuie să poată suporta timp de 15 s o supraîncărcare de 1,5 ori cuplul nominal, la tensiunea și frecvența nominală, fără ca, la o creștere continuă a cuplului rezistent la arbore, să apară variații bruște de turație sau oprirea motorului. C.de s. la motoarele asincrone este de 1,6...2 (la execuții speciale — 3). Nu trebuie să se conteze pe mai mult de 80% din cuplul critic (de răsturnare) din cauza dependenței acestuia de patratul tensiunii

de alimentare, la care se admit variații de 10%. În regim static (la variații lente, continue a cuplului), c.de s. a motoarelor sincrone este de 1,5...2,5. În regim dinamic (la variații bruște de sarcină), ieșirea din sincronism se poate produce la suprаîncărcări mai mici. C.de s. a motoarelor de curent continuu este limitată de comutație, care se înrăutățește din cauza saturației polilor auxiliari și a reacției indusului. La motorul de c.c. cu excitația în derivație c. de s. este de 1,6...1,8 la mașinile fără înfășurări de compensație și de 2...2,2 la cele compensate. Motoarele de c.c. cu excitația în serie au c.de s. de 2...2,5. Motoarele de curent alternativ cu colector au c.de s. limitată de comutație (2...2,2, la motoarele universale și motoarele cu repulsie) și de comutație și cuplul critic (1,6...1,8, la motoarele derivație). Motoarele asincronc monofazate au o supraîncărcabilitate de 1...1,5, dacă nu posedă înfășurări auxiliare, și de 2...2,5, dacă au fază auxiliară cu condensator. C.de s. a servomotoarelor de curent continuu este de 5...20, fiind limitată de comutație. La instrumentele de măsurat c.de s. se referă la posibilitatea depășirii domeniului de măsură, fără ca instrumentul să se deterioreze sau să iasă din clasa de precizie. De ex., ampermetrele de tablou trebuie să suporte un curent cu 20% mai mare decît cel nominal, timp de 2 ore, și șocuri de curent de 10 ori mai mari decît curentul nominal, cu durata de 0,5 s, la intervale de 1 min. C.de s. a ventilelor semiconductoare este foarte mică, din cauza capacității lor termice reduse, ceea ce face ca la o creștere neînsemnată a puterii disipate pe ventil, temperatura acestuia să crească cu valori mari.

capacitate electrică (C), mărime fizică care indică posibilitatea ca un sistem de două conductoare să acumuleze o sarcină electrică. C.e. a unui condensator este definită de raportul dintre sarcina electrică Q a unei armături și diferența de potențial $V_1 - V_2$ (tensiunea U) dintre cele două armături, $C = Q/U = Q/(V_1 - V_2)$. C.e. a unui tub de cîmp electric, limitat de două suprafețe echipotențiale (cu potențialele V_1 și V_2) într-un mediu linear ($\overline{D} = \varepsilon \overline{E}$), omogen și izotrop, se definește ca inversul *rezistenței dielectrice (elastanței)* R_d : $C = 1/R_d$;

$$R_d = \frac{V_1 - V_2}{Q} = \frac{\int_1^2 \overline{E} \cdot \overline{dl}}{\oint_\Sigma \overline{D} \cdot \overline{ds}} = \int_1^2 \frac{E \cdot dl}{D \cdot \Delta s} =$$

$$= \int_1^2 \frac{dl}{\varepsilon \cdot \Delta s}.$$ Pentru un tub de secțiune constantă, rezultă c.e. a unui condensator plan $\frac{1}{C} = \int_1^2 \frac{dl}{\varepsilon \cdot \Delta s} = \frac{l}{\varepsilon \cdot s}$;

$C = \frac{\varepsilon s}{l}$, l fiind distanța dintre plăcile condensatorului, s — aria plăcilor și ε — permitivitatea dielectricului dintre armături. C.e. a unui condensator cilindric, cu armăturile avînd razele r_1 și r_2 și lungimea h se calculează cu relația $C = 1/R_d$, $R_d = \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{2\pi \varepsilon r h} = \frac{1}{2\pi \varepsilon h} \ln \frac{r_2}{r_1}$; $C = \frac{2\pi \varepsilon h}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$.

C.e. a unui condensator sferic, cu razele armăturilor r_1 și r_2 rezultă din relația $R_d = \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{4\pi \varepsilon r^2} = \frac{1}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right)$;

$C = 4\pi \varepsilon r_1 r_2/(r_2 - r_1)$. Pentru $r_2 = \infty$, $C = 4\pi \varepsilon r_1$. C.e. a unui sistem de două conductoare de rază r, paralele, de lungime l, situate în aer la distanța $d \gg r$ unul de celălalt, foarte departe de alte corpuri încărcate sau de pămînt, este $C = \pi\varepsilon_0 l/\ln (d/r)$. Pentru medii lineare și omogene c.e. nu depinde de sarcină sau de potențial, ci numai de forma și dimensiunile geometrice ale conductoarelor, precum și de proprietățile dielectrice ale mediului (permitivitatea relativă). Unitatea de măsură a c.e. este *faradul*, F. În practică se utilizează submultiplii faradului: *microfaradul* (μF), *nanofaradul* (nF) și *picofaradul* (pF). C.e. se măsoară cu metode de comparare, cu ajutorul unor punți (la tensiuni înalte puntea Shering), prin măsurarea sarcinii cu ajutorul galvanometrelor sau, mai rar, prin metode directe (capacimetrul electrodiuamic).

capacitor, condensator.

cap de cablu, cutie terminală.

cap distribuitor, distribuitor.

capsă electrică, dispozitiv detonant cu energie electrică, utilizat la provocarea exploziei unei încărcături de exploziv introduse într-o gaură de pușcare (în minele de cărbuni, de minereuri, de sare sau în cariere). Este formată din tubul cu exploziv (de ex., fulminat de mercur și clorat de potasiu) și amorsa electrică. Cele

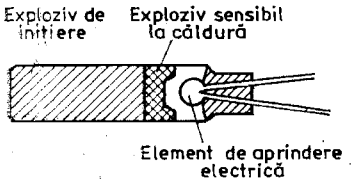


Fig. 29

două părți pot constitui o singură piesă sau pot fi piese separate care se asamblează la locul de pușcare, în momentul încărcării găurii de mină. După modul de aprindere c.e. pot fi cu fir incandescent (fig. 29) și cu scînteie, iar în funcție de timpul după care are loc explozia, cu explozic instantanee sau cu întîrziere. *C.e. cu întîrziere,* utilizate cu rezultate bune la săparea puțurilor și galeriilor, au între amorsa electrică și capsa detonantă (tubul cu exploziv) un sistem de întîrziere a transmiterii flăcării, fie cu fitil (de maximum 30 cm lungime), la care viteza de propagare a flăcării este de 1 cm/s, fie cu substanțe chimice (de ex., amestec Sb + + $KMnO_4$), la care viteza de propagare depinde de cantitatea amestecului. Aceste c.e. sînt conectate într-un anumit mod (serie sau paralel) la un singur → *explozor* și explodează succesiv, deși primesc impulsul electric simultan. *Caracteristicile c.e. cu fir incandescent* sînt: rezistența elcctrică — 1...2,5 Ω (cu punte de constantan sau de crom-nichel); curentul sigur de neaprindere în timp nelimitat — 0,4...0,5 A (cele cu marc sensibilitate 0,15...0,18 A); curentul de aprindere în timp de 0,1 s — 0,75...0,9 A (cele de mare sensibilitate, cu crom-nichel, 0,3...0,35 A); impulsul de aprindere (energia necesară pe unitatea de rezistență) — 14...15 mWs/Ω (mJ/Ω), iar la c.e. de mare sensibilitate — 0,6...3,2 mWs/Ω. *C.e. cu scîntei* se leagă, de regulă, cîte 5 în serie la tensiunea de 220 V; la încercare, ele nu trebuie să se aprindă la 15 V în timp de 5 min. Sin. *electrocapsă.*

captator de curent, dispozitiv montat pe vehiculele acționate electric folosit la alimentarea lor cu energie electrică de la firul de contact sau de la șina de curent. Pentru asigurarea contactului electric mobil se utilizează piese de contact cu frecare de rostogolire (role) sau cu frecare de alunecare (patine). Rolele și patinele longitudinale se montează pe *trolee* în formă de bară (de ex., la troleibuze), iar patinele transversale pe *pantografe,* simetrice sau asimetrice (de ex., la tramvaie, locomotive sau automo-

toare electrice). Patinele transversale au un singur *arcuș* (la tracțiunea în curent alternativ) sau două arcușuri (la curenți mari în tracțiunea de curent continuu). Fiecare arcuș este prevăzut cu cîte două bare de uzură, confecționate din oțel, cupru, aluminiu, alamă sau grafit. Forța de apăsare pe contacte, obținută cu un sistem de resoarte, trebuie să fie de minimum 6 daN. Pentru micșorarea uzurii firului de contact acesta se unge periodic cu unsoare grafitată, iar pentru ca uzura să fie uniformă pe întreaga bară a pantografului, firul de contact se dezaxează (suspensie în zig-zag).

cap terminal, cutie terminală.

caracteristică de funcționare, dependență dintre două mărimi electrice sau mecanice exprimată analitic sau reprezentată grafic, care caracterizează proprietățile de funcționare ale echipamentului electric, cînd toate celelalte mărimi de care depinde comportarea acestuia sînt menținute constante. O a treia mărime (parametru) poate fi luată în considerare trasînd o familie de caracteristici. **C.de f.** sînt utile la proiectarea mașinilor, transformatoarelor, aparatelor electrice etc. sau la exploatarea lor. Se determină prin încercări la platformă sau prin calcul, cunoscînd unele caracteristici ajutătoare. Ridicarea experimentală a unor caracteristici de sarcină la echipamentele de puteri mari este dificilă, deoarece necesită surse de putere mare, frîne puternice și reostate voluminoase, motiv pentru care se recurge la calculul lor cu ajutorul unor încercări care nu necesită încărcarea mașinii (de ex., încercarea de mers în gol sau cea de scurtcircuit).

caracteristică de magnetizare, dependență dintre fluxul magnetic polar al unei mașini electrice de solenația inductoare, $\Phi = f(NI)$, dată tabelar sau grafic, pentru regimul de funcționare în gol (în absența reacției indusului). La proiectare, **c.de m.** se determină calculînd căderile de tensiune magnetică pe diferitele porțiuni ale → *circuitului magnetic* (jug statoric, poli, întrefier, dinți, miez rotoric), pentru anumite valori date fluxului. **C.de m.** are o alură asemănătoare cu caracteristica de mers în gol $U_0 = f(I_e)$. Funcționarea pe porțiunea saturată a **c.de m.** (caracterizată de inducții magnetice mari) conduce la gabarite mici, dar cauzează pierderi mari în fier și armonici superioare în curentul de mers în gol (la mașini de curent alternativ).

caracteristică mecanică → acționare electrică.

carborund, material de mare duritate și rezistivitate ridicată (8... ...19·10^{-3}Ωm) întrebuințat la confecționarea silitelor (elemente încălzitoare la cuptoarele electrice cu rezistoare), rezistoarelor pentru → *descărcătoare*, ca substanță abrazivă sau ca material refractar (pînă la 2 000°C), rezistent la șocuri termice (în amestec cu zirconiu). **C.** se obține dintr-un amestec de 70,3 % Si și 29,7 % C, în cuptoare electrice speciale (consum specific de energie electrică 8...9 kWh/kg). Coeficientul de variație a rezistivității cu temperatura este negativ (rezistivitatea scade cu creșterea temperaturii). Sin. *carbură de siliciu.*

carbură de siliciu → carborund.

carcasă, schelet metalic al statorului unei mașini electrice, în care se montează părțile active ale circuitului magnetic, de formă cilindrică (cu sau fără nervuri exterioare pentru mărirea suprafeței de răcire) sau inelară. Forma constructivă depinde de gradul de protecție. La puteri mici și fabricație de serie, mare, **c.** este turnată, din fontă sau aluminiu; la puteri mari, **c.** este sudată, din oțel, uneori fiind compusă din două jumătăți. **C.** susține scuturi laterale pentru protecția capetelor

de bobină, iar la diametre sub 1,5 m, scuturi portlagăre. **C.** este prevăzută cu tălpi sau flanșe de fixare. La mașina de curent continuu, **c.** are de regulă și rol de jug statoric și este confecționată din materiale feromagnetice, pentru închiderea circuitului magnetic.

cascadă, montaj al unor mașini electrice, cuplate electric sau/și mecanic, cu scopul modificării fără pierderi a turației sau îmbunătățirii factorului de putere. Montajul în **c.** se aplică la motoare asincrone cu rotor bobinat, de peste 100 kW, pentru recuperarea energiei de alunecare, energie care la reglarea turației cu reostat rotoric conectat la inele se pierde sub formă de căldură. Energia de alunecare corespunde puterii sP, s fiind alunecarea și P — puterea electromagnetică transmisă rotorului prin întrefier. Această energie se poate recupera fie prin transformarea sa în energie mecanică, cu ajutorul unui motor auxiliar cuplat pe același arbore cu motorul principal *(c. de putere constantă*, fig. 30, *a*), fie prin transformarea sa în energie electrică care se restituie rețelei *(c. de cuplu constant*, fig. 30, *b*). Drept motoare auxiliare se pot folosi motoare de curent alternativ cu colector, motoare de curent continuu, mașini comutatoare, convertizoare de frecvență, grupuri mașină sincronă—mașină de curent continuu etc. În ultimul timp s-au impus *c. cu semiconductoare* (redresoare și invertoare), care au un randament mai ridicat. *C. cu recuperare mecanică a energiei de alunecare (c. Krämer statică)* alimentează motorul auxiliar de curent continuu cu tensiunea rotorică redresată (fig. 30, *a*). După pornirea motorului principal cu ajutorul reostatului (cu contactorul C_1) se conectează redresorul și motorul de curent continuu (cu contactoarele C_2 și C_3). Prin mărirea curentului de excitație al motorului auxiliar, crește tensiunea electromotoare a acestuia și scade curentul rotoric al motorului principal, deci și cuplul electromagnetic al acestuia și, ca urmare, scade turația. *C. cu recuperare electromagnetică a energiei de alunecare (c. Scherbius statică, c. subsincronă)* transformă energia de curent alternativ de frecvență redusă (sf_1), prin redresare, în energie de curent continuu, care este din nou transformată de către invertor în energie de curent alternativ la frecvența rețelei și cedată acesteia prin transformatorul care adaptează tensiunile (fig. 30, *b*). Prin variația unghiului de comandă a tiristoarelor invertorului, se modifică energia de

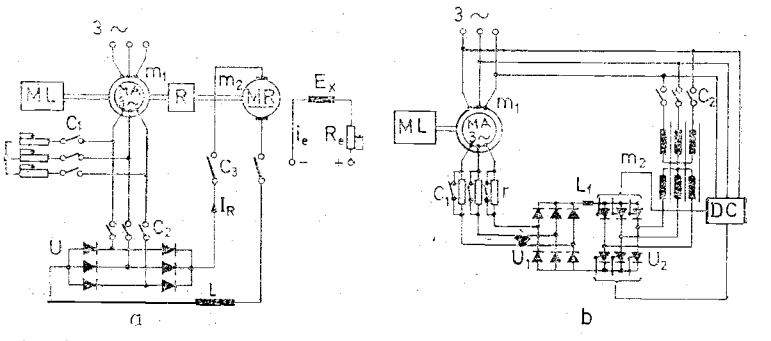


Fig. 30

alunecare recuperată și, prin aceasta, viteza acționării.

catod → electrod.

cauciuc, material izolant, natural sau sintetic. **C.** nu poate fi utilizat în stare pură, ci trebuie supus unui proces de vulcanizare, prin care i se îmbunătățesc proprietățile dielectrice, mecanice (rezistența și elasticitatea) și chimice (stabilitatea la acțiunea agenților chimici). Vulcanizarea se face prin adăugarea unei anumite cantități de sulf, în autoclave cu abur saturat, la temperaturi de 140...150°C și presiuni de 3,5... ...5 daN/cm². În amestec cu alte substanțe (negru de fum, caolin, talc, baritină) **c.** se folosește ca izolant rigid pentru cabluri. **C.** este sensibil la temperaturi ridicate (temperaturile de lucru nu depășesc 60...70°C), la acțiunea luminii (în special la radiații ultraviolete), a ozonului și a uleiului mineral. Proprietățile **c.** se depreciază în timp (îmbătrînirea **c.**). Dacă la vulcanizare se adaugă 30...35% sulf, se obține *c. tare (ebonita).*

Cavendish, Henry (1731—1810), fizician și chimist englez. Cercetări în domeniul electricității și chimiei gazelor. A determinat valoarea constantei atracției universale și densitatea Pămîntului la o valoare foarte apropiată de cea reală (5,18). A creat, împreună cu Ch. Coulomb, electrostatica cantitativă, stabilind experimental, cu mare precizie, că forța electrostatică descrește cu pătratul distanței (1771). În cunoscuta experiență cu emisferele, a arătat că acțiunile electrice (forțele) sînt nule în interiorul corpurilor încărcate. A introdus noțiunea de potențial, de capacitate și a măsurat permitivitatea izolanților. Contribuții însemnate în chimia gazelor (prepararea hidrogenului, sinteza apei, prima analiză precisă a aerului atmosferic). Laboratorul Universității din Cambridge, condus succesiv de J. C. Maxwell, J. J. Thomson, E. Rutherford, W. L. Bragg, N. F. Mott, la care au activat peste opt laureați ai Premiului Nobel, poartă numele lui **C.**

cădere de tensiune, tensiune la bornele unui element de circuit receptor (rezistor, condensator, bobină, conductă electrică). **C.de t.** se calculează cu următoarele relații : pe o rezistență R, $U_R = IR$; pe o reactanță X, $U_X = IX$; pe o impedanță Z, $U_Z = IZ$, în care I este curentul ce străbate elementele de circuit considerate. În curent alternativ, pentru evidențierea variației tensiunii (pe o linie de transport, în secundarul unui transformator etc.) se folosește termenul *→ pierdere de tensiune.*

căi de curent, ramuri ale înfășurării indusului mașinilor electrice cu colector, legate în paralel prin intermediul periilor. La înfășurarea buclată simplă, numărul **c.de c.** este egal cu numărul periilor ($2a = 2p$). Înfășurarea ondulată simplă are numai două **c.de c.**, indiferent de numărul de poli ai mașinii.

călire prin curenți de înaltă frecvență (CIF), procedeu de călire superficială la care încălzirea se face prin inducție electromagnetică. Se aplică pieselor de oțel (cu conținut de carbon de 0,3...0,8%) sau de fontă, pentru obținerea unei structuri martensitice dure (duritate 56...62 HRC) la suprafață, concomitent cu menținerea structurii moi, maleabile, în miezul pieselor. După încălzirea la cca 900°C, se face răcirea în apă, ulei sau aer. Încălzirea prin *CIF* se face cu ajutorul unor inductoare adecvate, alimentate de la generatoare rotative sau invertoare cu tiristoare (la 2500 și 8 000Hz), sau de la generatoare cu tuburi electronice (la frecvențe de 70... ...500 kHz). Adîncimea stratului călit depinde de frecvență, de puterea ce revine unității de suprafață a piesei aflate sub inductor și de timpul de încălzire. Se deosebesc : *căliri simultane* (se încălzește simultan întreaga suprafață de călit, după care

se răcește, fig. 31, *a*) și *căliri succesive* (încălzirea diferitelor porțiuni ale piesei se face treptat, prin deplasarea relativă a inductorului față de piesă, fig. 31, *b*). Inductoarele pentru călirea suprafețelor plane au formă de spirale

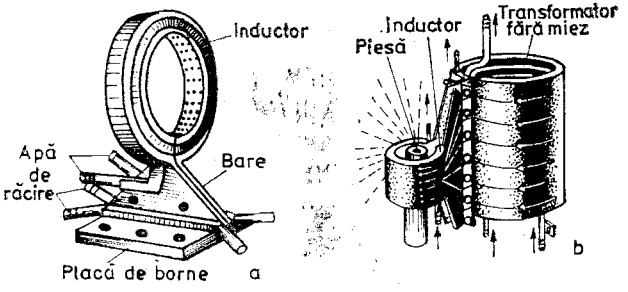


Fig. 31

plane, sau sînt simple conductoare amplasate deasupra pieselor de călit. Încărcarea specifică a piesei are valori între 0,1 și 2 kW/cm². **C. prin c.de î.f.** este superioară călirii cu flacără datorită următoarelor avantaje : adîncime de călire uniformă, deformații mici ale pieselor datorită timpului scurt de încălzire, oxidare neglijabilă a suprafeței, inexistența decarburării, productivitate ridicată.

cd → candelă.

celulă de electroliză, electrolizor.

celulă de înaltă tensiune, unitate a echipamentului de distribuție de înaltă tensiune din stații și posturi de transformare, care conține aparatele electrice aparținînd, de regulă, unui singur circuit. Se folosesc **c.de î.t.** : *de linie, de transformator, de cuplă, de măsură și descărcare, de rezervă.* Constructiv, pot fi *deschise*, neprotejate față de atingerea elementelor sub tensiune și *închise*, sub formă de dulapuri din tablă. *C.de î.t. prefabricate cu cărucior (debroșabile)* au o parte fixă, care conține barele colectoare și cutiile terminale ale cablurilor și o parte deplasabilă pe un cărucior, care conține întreruptorul. Transformatoarele de măsură de curent și de tensiune pot fi montate pe partea fixă sau pe cărucior. Separatoarele sînt de tip fișă, cu contacte care se închid la introducerea căruciorului în partea fixă a celulei. Acest tip de celulă are gabarit mic, datorită eliminării volumului mare ocupat de separatoarele obișnuite. **C.de î.t.**, de interior și de exterior, se utilizează la tensiuni de 6, 10 și 20 kV.

centrală electrică, ansamblu de construcții, instalații și echipamente în care se produce energie electrică. După felul energiei primare folosite se deosebesc : centrale termoelectrice (termocentrale), centrale hidroelectrice (hidrocentrale) și centrale nucleare. **C.e.** neconvenționale, aflate încă în stadiu experimental, utilizează energia vîntului, a mareelor, energia solară etc. Centralele termoelectrice furnizează în prezent peste 90% din energia electrică produsă la scară mondială. Conversia energiei se face în generatoare sincrone (turboalternatoare) antrenate, la turații de 1 500 sau 3 000 rot/min, de turbine cu abur, sau, la puteri sub 40 MW, de turbine cu gaz. Puterea maximă a turbogeneratoarelor actuale este de cca 1 000 MW și este de așteptat o creștere spectaculoasă a puterii lor unitare prin utili-

zarea excitației supraconductoare. Aburul, la presiuni de pînă la 30 MPa și temperaturi de aproape 600°C, este furnizat de cazane acvatubulare (cu țevi fierbătoare) sau ignitubulare (cu țevi de fum) care pot utiliza

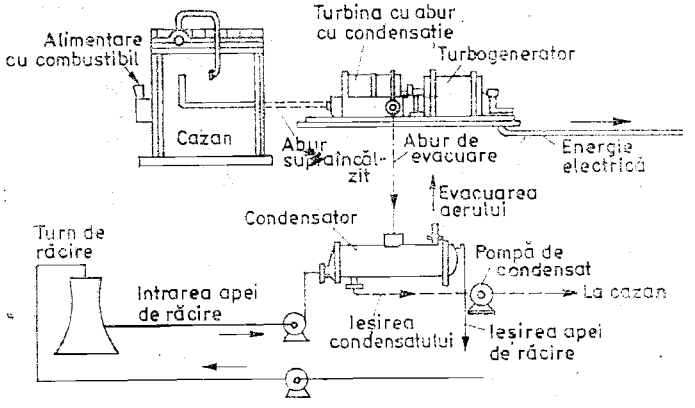


Fig. 32

combustibili inferiori (lignit, turbă, șisturi bituminoase, deșeuri) și au randamente de 75...85%. La turbinele cu condensație aburul este evacuat într-un condensator, răcit cu apă (fig. 32), în care presiunea este de 0,4...0,7 N/cm², iar după condensare, condensatul este pompat din nou în cazan. Apa de răcire a condensatorului este răcită în turnuri de răcire și apoi este recirculată. La centralele termoelectrice cu termoficare aburul evacuat din turbinele cu contrapresiune se utilizează în scopuri tehnologice sau pentru încălzirea locuințelor. Randamentul termocentralelor este de 33...41%, valorile superioare fiind ale centralelor cu termoficare, la care transformarea energiei primare conținută în combustibil este mai eficientă. Centralele hidroelectrice furnizează doar 2...3% din energia electrică produsă la scară mondială. Hidrocentralele pot fi amplasate direct în corpul barajului (c.e. pe firul apei), pe rîurile cu debit mare, folosindu-se turbine hidraulice de presiune redusă (Kaplan), cu paletele rotorului și statorului reglabile sau turbine speciale bulb (turbine Kaplan cu ax orizontal). Dacă rîurile sînt cu debit mic și cădere mare (rîuri de munte) apa din lacul de acumulare este adusă printr-un canal de aducțiune într-un castel de echilibru (fig. 33) de unde coboară, cu presiune mare, prin conducte forțate la turbine de tip Francis, cu paletele statorului reglabile, sau de tip Peltou, cu cupe și ajutaje cu jet. Turbinele hidraulice antrenează, la turații joase, hidrogeneratoare sincrone, a căror putere maximă atinge 500 MW. Hidrocentralele pe firul apei au capacitate mică de acumulare, apa neutilizată fiind deversată peste baraj. În *hidrocentralele cu acumulare* apa este acumulată în perioadele cu sarcină redusă sau cu precipitații abundente și este utilizată cînd cererea de energie este mare, în special la vîrful de sarcină. Acumularea poate fi săptămînală, sezonieră sau multianuală, singura pierdere de apă fiind debitul minim ce trebuie evacuat cînd c.e. nu funcționează, pentru irigații sau

pentru alimentarea cu apă a localităților. *Hidrocentralele cu pompare-acumulare* asigură cea mai mare suplețe în exploatare, dacă cursurile de apă nu alimentează, pe cale naturală, în măsură suficientă, lacurile de

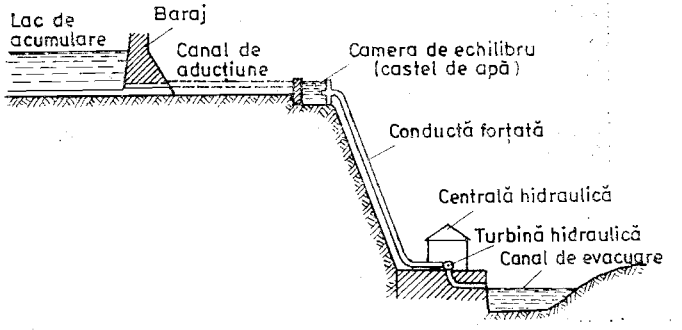


Fig. 33

acumulare. În perioadele cu sarcină redusă în sistemul energetic, pompe de mare putere, sau mai frecvent, turbinele antrenate în sens invers de hidrogeneratorul trecut în regim de motor sincron, funcționînd ca pompe, pompează apa în lacul din amonte, luînd-o din lacul aflat în aval, pentru ca în orele de vîrf, c.e. să livreze energie sistemului. Dezavantajul sistemului reversibil constă în aceea că randamentul pompei este maxim la o turație cu 15...50% mai mare decît a turbinei. Deși puțin răspîndit, acest tip de hidrocentrală oferă singurul procedeu de a acumula rezerve mari de energie electrică. Puterea electrică dată de un hidrogenerator se calculează cu relația $P_g = 9{,}81\ QH\eta_t\eta_g$, kW, în care Q este debitul de apă, m³/s, H — căderea, m, η_t, η_g — randamentele turbinei și generatorului. Pentru hidroagregate mici ($\eta_t \approx 0{,}85$; $\eta_g \approx 0{,}96$) $P_g \approx 8\ QH$. Datorită elasticității mari în exploatare (timpul de punere în funcțiune a hidroagregatelor fiind considerabil mai mic decît al turbinelor cu abur) unele hidrocentrale se utilizează ca c.e. de vîrf și intră în funcțiune numai cînd puterea cerută de sistem este maximă. Centralele nucleare, cu randamente de 30...40%, sînt de fapt centrale termoelectrice în care sursa de căldură este un reactor nuclear în care au loc reacții de fisiune a unor nuclee grele (uraniu). Conversia energiei are loc în trei trepte. 1) Energia nucleară este transformată de reactor în energie termică și este preluată de un agent de răcire (apă, dioxid de carbon, heliu, sodiu topit) cu ajutorul căruia se produce abur. 2) Energia termică a aburului este transformată în energie mecanică, de către turbină. 3) Energia mecanică este transformată de generatorul sincron în energie electrică. Este posibilă și conversia directă a energiei termice în energie electrică, în → *convertoare magnetohidrodinamice*, → *convertoare termoelectrice* sau → *convertoare termoionice*, instalații aflate în fază de cercetare-dezvoltare. După schema termică adoptată, c.e. nucleare pot fi cu unul, două sau trei circuite termice. 1) La *c.e. nucleare cu un singur circuit termic* agentul termic este și agent de lucru, astfel încît întreaga centrală necesită protecție biologică. Se construiesc *centrale cu reactor fierbător*, în care aburul se produce în reactor și intră direct în turbină (puterea

maximă obținută pe un bloc este de 1000 MW, de ex., la centrala din Leningrad) și *centrale cu reactor de înaltă temperatură* în care heliul încălzit în reactor acționează o turbină cu gaz (stadiu experimental).

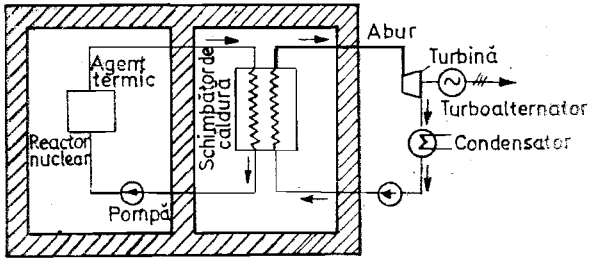


Fig. 34

2) *C.e. nucleare cu două circuite termice* au agentul de răcire separat de cel de lucru (fig. 34), încît turbina și generatorul sincron, cu instalațiile aferente, nu necesită protecție biologică. În această categorie de c.e. intră : *a*) *centrala nucleară cu reactor cu apă sub presiune*, cea mai răspîndită în prezent, avînd puterea maximă a unui bloc de 1000...1300 MW și randamente de 28...33 % ; *b*) *centrala nucleară cu reactor cu răcire cu gaze* (CO_2), instalată în Anglia (5000 MW, 1976) și în Franța (1500 MW) dar care nu se mai dezvoltă din considerente economice ; *c*) *centrala nucleară cu reactor de înaltă temperatură*, care folosește heliul ca agent de răcire și aburul ca agent de lucru (puterea maximă pe bloc — 1160 MW). 3) *C.e. nucleare cu trei circuite termice* folosesc numai reactoare cu neutroni rapizi, răcite cu sodiu topit, avînd drept combustibil uraniu natural (0,7 % U_{235}). Între primul circuit cu sodiu topit și circuitul de abur există un al doilea circuit cu sodiu topit, inactiv din punct de vedere radioactiv (în funcțiune din 1973, cu puterea maximă pe bloc de 600 MW). Randamentul acestui tip de c.e. este de 40 %. Deoarece costul unității de energie produs în c.e. nucleare este mai redus decît în termocentrale, se estimează că în anul 2000 peste 50 % din întreaga energie electrică va fi produsă din energie nucleară. Se are în vedere și posibilitatea utilizării fuziunii nucleare controlate. C e n t r a l a g e o t e r m o e l e c t r i c ă valorifică vapori la temperaturi și presiuni înalte (140...240°C și 3... ...45 daN/cm²) extrași și captați prin foraje la adîncimi de 150... ...1 000 m, la debite de 150...350 t/h. Vaporii conțin 95 % abur, restul fiind gaze și diverse substanțe chimice dizolvate. Puterea totală instalată în astfel de c.e. depășește 1300 MW (la nivelul anului 1980), iar puterea grupurilor electrogene în funcțiune în Italia, Mexic, Noua Zeelandă, Japonia, U.R.S.S., S.U.A., este de 6...25 MW. C. e. m a r e m o t r i c e folosesc energia potențială a apei pe țărmurile cu diferență mare între nivelul fluxului și al refluxului (de ex., 10,7 m la Rance, în Franța, putere instalată 360 MW). Aceste c.e. necesită investiții mari și cheltuieli importante de exploatare. C. e. s o l a r e, aflate în stadiu de prototip, sînt centrale termoelectrice la care aburul saturat sau gazele fierbinți sînt produse într-un cazan aflat pe un turn de 100...250 m înălțime, pe care sînt concentrate razele solare reflectate de mii de oglinzi cu urmărirea Soarelui *(heliostate)*. Pentru o putere electrică de 100 MW, la o

insolație de 500 W/m² este necesară o suprafață de oglindă de 0,9 km², pentru amplasarea căreia este nevoie de cca 4 km² de teren. Randamentul relativ redus se explică prin energia absorbită de heliostate și prin cea necesară pentru acționarea sistemului de urmărire. **C.e.** cu → *baterii solare* nu au depășit puteri de ordinul kilowaților.

centură de legare la pămînt, conductă electrică neizolată, din bandă de oțel, de obicei în circuit închis, la care se conectează prizele de pămînt și receptoarele protejate prin legare la pămînt.

ceramică, materiale ceramice, materiale izolante anorganice pe bază de silicați *(porțelanul*, obținut din caolin, cuarț și feldspat ; *steatitul*, din silicat de magneziu) sau pe bază de oxizi *(corundul sintetic*, din oxid de aluminiu Al_2O_3). Masa plastică formată din pulbere fină cu adaus de apă se prelucrează la strung, prin presare sau turnare, se usucă, se arde la temperaturi înalte și se glazurează. Se întrebuințează la confecționarea izolatoarelor de joasă și înaltă tensiune, condensatoarelor ceramice, conexiunilor în instalațiile cu vid etc.

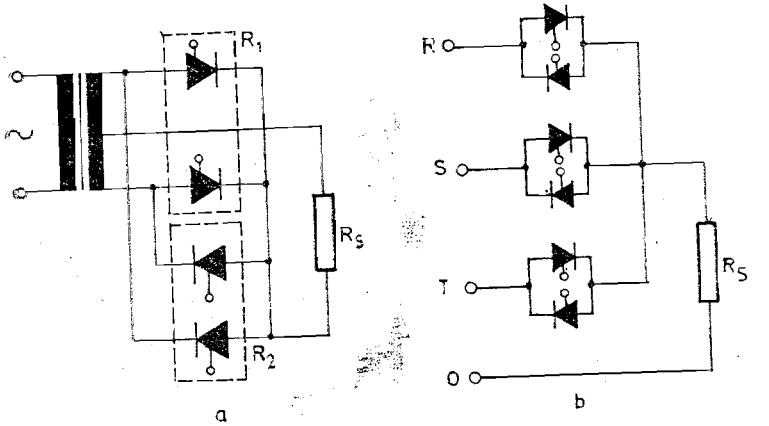


Fig. 35

cheie de comandă, întreruptor multiplu, cu două sau mai multe poziții, avînd contactele fixate pe lamele arcuite acționate cu ajutorul unei pîrghii. Se utilizează în instalațiile de comandă la distanță.

chiciură, strat de cristale de gheață cu aspect de zăpadă afînată, depus pe liniile electrice la temperaturi de — 5°C, de care trebuie să se țină seama la dimensionarea liniilor aeriene de energie electrică.

chopper → variator de tensiune continuă.

cicloconvertor, mutator care transformă direct, fără circuit intermediar de curent continuu, energia de curent alternativ de anumiți parametri (număr de faze, frecvență) în energie de curent alternativ de alți parametri. **C.** este format din redresoare reversibile la care tensiunea de ieșire își inversează polaritatea cu o anumită frecvență. Principiul de funcționare a c. reiese din fig. 35, *a* : prin comandarea alternativă, cu frecvența f_2, a tiristoarelor redresorului R_1, respectiv R_2, curentul prin sarcină își schimbă sensul cu aceeași frecvență,

fiind alternativ, dar nesinusoidal. Pentru un **c.** trifazat sînt necesare trei redresoare reversibile (fig. 35, *b*). După conținutul în armonici **c.** pot fi: *cu tensiune de ieșire trapezoidală* (fig. 36) și *cu tensiune de ieșire apro-*

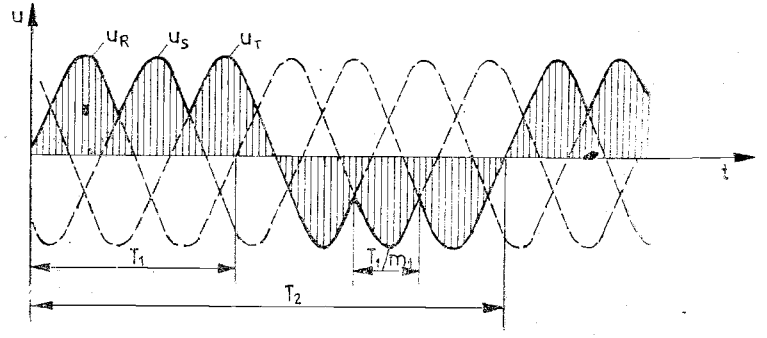


Fig. 36

piată de sinusoidă (**c.** *comandate*, fig. 37). 1) La **c.** de primul tip în momentul comutării tensiunii de ieșire faza aflată în conducție se aplică în continuare sarcinii prin tiristorul de pe aceeași fază, conectat antiparalel. Pentru evitarea → *basculării* redresorului în regim de invertor, trebuie asigurat un unghi minim de stingere, unghiul de comandă al redresorului fiind cel puțin egal cu acesta. Frecvența de ieșire poate avea numai valori discrete (în trepte), care depind de frecvența de intrare f_1, de numărul de pulsuri m_1 al redresorului și de numărul de alternanțe de tensiune ce se redresează cu o anumită polaritate n (fig. 36), după relația $f_1 = f_2[1 + 2(n - 1)/m_1]$. Cu cît este mai mare raportul f_2/f_1 cu atît f_2 se poate stabili în trepte mai mici. La **c.** polifazate, comanda redresoarelor reversibile se face defazat. Pentru a se obține un sistem polifazat simetric cu m_2 faze, trebuie ca numărul de alternanțe pe perioada T_2 a tensiunii de ieșire $z = m_1 + 2(n - 1)$ să fie divizibil cu m_2. forma curentului nu este prea importantă, în schimb rețeaua trifazată nu se dezechilibrează, iar factorul de putere crește ca urmare a reactanțelor mici de scăpări la frecvențe joase. La *c. comandate*, unghiul de comandă al tiristoarelor se modifică la fiecare alternanță în așa fel încît armonica fundamentală a tensiunii să aibă valoarea maximă, iar armonicile superioare, valori minime (fig. 37). Cu cît este mai mare numărul de pulsuri, cu atît curentul de sarcină este mai apropiat de sinusoidă. Frecvența de ieșire maximă este limitată la jumătate din frecvența de intrare. Dezavantajul acestui tip de **c.** este scăderea factorului de putere datorită puterii deformante introduse de comanda cu întîrziere a tiristoarelor. O proprietate a tuturor **c.** este că preiau puterea reactivă necesară funcționării și puterea reactivă a consumatorului din rețeaua de frecvență mai ridicată. **C.** comandate se aplică la acționările electrice reglabile, cu mașini de curent alternativ (motoare asincrone sau sincrone) comandate

prin intermediul tensiunii și frecvenței de alimentare. Sin. *mutator direct de frecvență*.

ciocan de lipit, uneltă folosită la încălzirea pieselor în vederea lipirii cu un aliaj de lipit. *C.de l. electric*

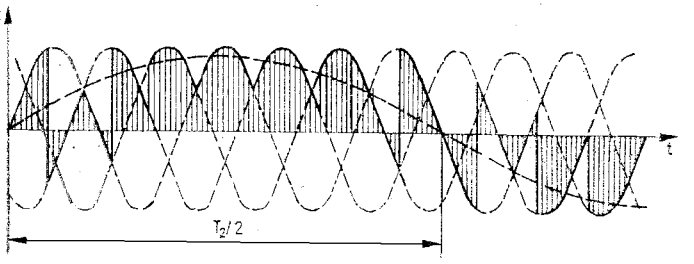


Fig. 37

are un cioc de cupru încălzit cu o rezistență de crom-nichel de 50... ...300 W. Sin. *letcon*.

circuite de cale, circuite de comandă, control și semnalizare folosite în tracțiunea feroviară modernă pentru sesizarea stării de ocupare sau neocupare a căii de către materialul rulant și pentru comandarea corespunzătoare a semnalelor luminoase. **C.de c.** sînt formate dintr-o porțiune de cale izolată electric de restul căii de rulare, numită *secție izolată*, avînd la o extremitate o sursă, iar la cealaltă, un releu. Cînd pe secția izolată se află material rulant, în mișcare sau în repaus, acesta scurtcircuitează șinele și releul rămîne fără alimentare. Izolarea șinelor se face cu ajutorul *joantelor izolante*, iar micșorarea rezistenței de trecere de la o șină la alta se face prin scurtcircuitarea joantelor cu *conexiuni electrice*, care la tracțiunea electrică servesc și curentului de tracțiune (→ *întoarcerea curentului*). Rezistența ohmică a șinelor este determinată în mare măsură de conexiunile de joantă (de ex., la șinele de 45 kg/m, rezistența teoretică este de 0,02 Ω/km, dar poate ajunge la 0,3...0,6 Ω/km din cauza rezistențelor de trecere). Rezistența minimă de izolație a balastului poate scădea la 0,8 Ω/km. În tracțiunea electrică, pentru separarea curentului de tracțiune și a celui de alimentare a releului de cale se utilizează frecvențe diferite; dacă tracțiunea este în curent continuu, circuitele de cale se alimentează în curent alternativ; dacă pentru tracțiune se folosește curent alternativ, de frecvență industrială, pentru **c.de c.** se recurge la curent alternativ de frecvență mărită (de ex., 75 Hz). Separarea celor doi curenți se face cu ajutorul *bobinelor de joantă*, care se conectează la joantele izolante. Acestea prezintă reactanță mică pentru curentul de tracțiune, jumătățile de bobină fiind parcurse în opoziție (fig. 38) și reactanță mare pentru curentul de comandă, de frecvență superioară, evitîndu-se scurtcircuitarea șinelor sau trecerea curentului de comandă dintr-o secție izolată în alta (→ *bloc de linie automat*).

circuit electric, sistem de medii prin care poate circula curentul electric. **C.e.** este format din medii conductoare sau semiconductoare (în cazul → *curentului de conducție*), sau din medii izolante, de ex., dielectricul dintre armăturile unui condensator (în cazul → *curentului de deplasare*). *C.e. cu parametri concentrați* are parametrii

(rezistența, conductanța de izolație, inductivitatea și capacitatea) localizați în porțiuni distincte numite *elemente de circuit*: rezistoare, bobine, condensatoare. Căderea de tensiune momentană pe elementul *rezistiv* de

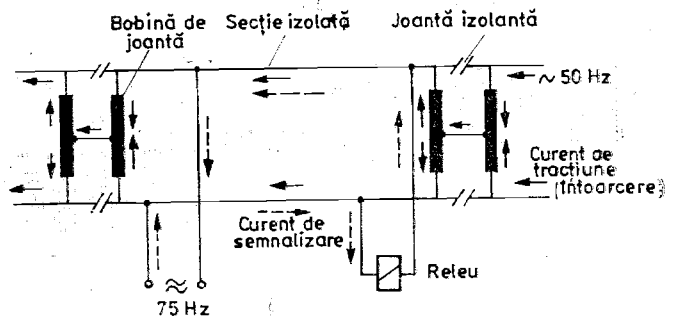


Fig. 38

circuit este $u_R = iR$; pe cel *inductiv*, $u_L = L\,di/dt$; pe cel *capacitiv*, $u_C = \frac{1}{C}\int i \cdot dt$. Elementele de circuit legate în *serie* sînt parcurse de același curent, iar tensiunea la bornele **c.e.** este egală cu suma căderilor de tensiune ale tuturor elementelor; la legarea în *paralel (derivație)*, elementele au aceeași tensiune la borne, iar curentul total este egal cu suma curenților din ramificații. La *c.e. cu parametri repartizați* trebuie să se țină seama de repartiția continuă în spațiu a parametrilor (→ *linii lungi*). *C.e. linear* are parametrii constanți, independenți de curent sau de tensiune. La *c.e. nelinear* parametrii depind de valorile momentane ale curentului și tensiunii. Caracteristicile elementelor nelineare sînt nelineare: caracteristica volt-ampermetrică $u = f(i)$ la rezistoare nelineare (lămpi cu incandescență, arc electric, dispozitive semiconductoare); caracteristica flux-curent $\Phi = f(i)$ la bobine cu miez de fier. *C.e. de curent continuu* este alimentat la tensiune constantă. Dacă U_e este tensiunea electromotoare a sursei, r_i — rezistența sa interioară și R — rezistența de sarcină, curentul din circuit este $I = U_e/(r_i + R)$; tensiunea la borne $U_b = U_e - Ir_i = IR$; puterea absorbită de sarcină $P = U_bI = U_b/R^2 = RI^2 = U_e^2R/(R + r_i)^2$ este maximă pentru $R = r_i$ (→ *adaptare*), cînd randamentul este $\eta = 0{,}5$. *C.e. de curent alternativ* este alimentat cu tensiune alternativă, a cărei valoare medie pe o perioadă este nulă. În **regim sinusoidal**, cînd tensiunea de alimentare variază sinusoidal în timp, iar elementele de circuit sînt lineare, curentul este tot sinusoidal. În **regim nesinusoidal** (**deformant**), cînd **c.e.** este alimentat cu tensiuni nesinusoidale sau conține elemente nelineare, curentul este nesinusoidal și are pe lîngă *armonica fundamentală*, un număr nesfîrșit de → *armonici superioare*. Dacă $u = u_m \sin \omega t$ este tensiunea la bornele unui **c.e.** cu R, L, C lineare, curentul din circuit are valoarea $i = u_m / \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \sin(\omega t - \varphi)$. Mărimea $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ se numește *impedanța* circuitului, $X_L = \omega L = 2\pi fL$ — *reactanța inductivă*, $X_C = \frac{1}{\omega C}$ — *reactanța capacitivă*, unde f reprezintă frecvența tensiunii de alimentare. Curentul este defazat cu unghiul $\varphi = \arcsin \frac{X_L - X_C}{Z} = \arccos \frac{R}{Z} = \operatorname{arc\,tg} \frac{X_L - X_C}{R}$ în urma tensiunii, cînd $X_L > X_C$ (*c.e. inductiv*) și înaintea tensiunii, cînd $X_C > X_L$ (*c.e. capacitiv*). Valorile efective ale curentului și tensiunii satisfac relația $I = U/Z$.

circuit electric de întoarcere, traseu al curentului în instalațiile de tracțiune electrică cu fir de contact, în care intră șinele căii de rulare, conexiunile electrice de la joante și conductele de legătură dintre șine și substația de tracțiune (→ *întoarcerea curentului*).

circuite primare, circuite electrice de energie în instalațiile de distribuție și de producere a energiei electrice (centrale, stații).

circuite secundare, circuite electrice care deservesc circuitele primare, avînd rol de comandă, măsură, control, protecție, automatizare.

circuit imprimat, circuit prefabricat încrustat într-o placă izolantă, care constituie suportul său mecanic. Conductoarele de legătură și uneori, anumite piese componente (rezistoare, bobine, condensatoare etc.) sînt obținute prin imprimare pe o folie conductoare (de ex., prin coroziune chimică). **C.i.** se aplică în electronică și la unele tipuri de mașini electrice — *înfășurări imprimate* (de ex., la motoarele cu întrefier axial).

circuit magnetic, sistem de medii prin care se închide un flux magnetic. În general, **c.m.** este format din mai multe părți, cu secțiuni și proprietăți magnetice diferite. Pentru micșorarea solenației NI necesare producerii cîmpului magnetic se folosesc → *materiale feromagnetice*, la care permeabilitatea magnetică este de sute și mii de ori mai mare decît permeabilitatea magnetică a spațiului vid (a aerului). Între două porțiuni feromagnetice poate exista un interstițiu de aer numit *întrefier*. O porțiune de secțiune constantă din **c.m.** este caracterizată de *reluctanța magnetică* $R_m = \frac{l}{\mu s}$ (l — lungimea, s — secțiunea, μ — permeabilitatea magnetică) și de *permeanța magnetică* $\Lambda = 1/R_m$. Fluxul magnetic ce străbate **c.m.** este direct proporțional cu tensiunea magnetică (solenația) și invers proporțional cu reluctanța magnetică $\Phi = NI/R_m$, în ipoteza repartiției uniforme a inducției magnetice B pe secțiune și a intensității cîmpului magnetic în lungul circuitului. În cazul general se apelează la → *legea* **c.m.** sub formă integrală $\oint \bar{H} \cdot \bar{dl} = NI$; $B = \mu H$; $\Phi = \int \bar{B} \cdot \bar{ds}$. La *c.m. ramificate* se aplică teoremele lui Kirchhoff pentru **c.m.** (asemănătoare cu cele pentru circuite electrice → *analogie*). **C.m.** se întîlnesc la transformatoare și bobine cu miez de fier, la electromagneți și mașini electrice rotative etc. Partea **c.m.** care poartă o înfășurare se numește *miez* (la transformator — *coloană*). Miezurile sînt unite prin *juguri* și *armături* (fig. 39). Forma constructivă a **c.m.**

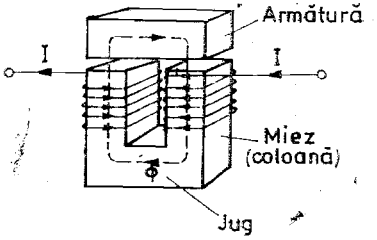


Fig. 39

depinde de destinația lor. La **mașini electrice**, **c.m.** este sediul cîmpului magnetic prin intermediul căruia se realizează conversia electromecanică a energiei. Părțile de **c.m.** pe care sînt înfășurări de curent continuu pot fi confecționate din material masiv, deoarece cîmpul magnetic este constant în timp (de ex., polii de excitație ai mașinilor de curent continuu sau sincrone). Dacă cîmpul magnetic este alternativ, **c.m.** se confecționează din *tole* (cu scopul micșorării pierderilor prin curenți turbionari) laminate din oțel aliat cu siliciu, cu rezistivitate mare și proprietăți magnetice bune (cu scopul micșorării pierderilor prin curenți turbionari și prin histerezis). Se fac din tole și polii excitați în curent pulsator (care pe lîngă componenta continuă mai posedă armonici superioare, de ex., motoarele alimentate de la redresor, fără bobină de netezire) și polii la care apar variații bruște ale curentului de excitație. *Polii aparenți* (ieșiți în relief) se fixează fie pe stator (cazul mașinii de curent continuu și al mașinii sincrone în construcție inversată), fie pe rotor (la mașini sincrone). Fixarea pe stator se face prin șuruburi, iar fixarea pe rotor, cu coadă de rîndunică sau cu caneluri, iar la mașinile de turație mare, polii pot fi turnați dintr-o bucată cu rotorul. În acest caz de corpul polului se fixează *piese polare* (talpa polară), cu șuruburi sau cu îmbinare coadă de rîndunică. Piesa polară se confecționează adesea din lamele de 2 mm grosime, din considerente tehnologice sau pentru micșorarea pierderilor superficiale. Înfășurările de curent alternativ și înfășurarea indusului mașinii de curent continuu se amplasează în crestături ștanțate în *tole* de tablă silicioasă de 0,5 mm grosime, izolate între ele (fig. 40). La diametre mai mari de 1000 mm tolele sînt segmentate, iar la împachetare segmentele se țes pentru a se micșora întrefierul. Între pachetele de tole, cu grosimi de 40...60 mm se lasă canale de răcire de 10...15 mm, iar tolele extreme sînt mai groase (1 mm) pentru rigidizare. La mașinile mari se utilizează și tole din tablă laminată la rece (tole texturate). Pachetele se pot îmbina prin nituire, prin fixare cu

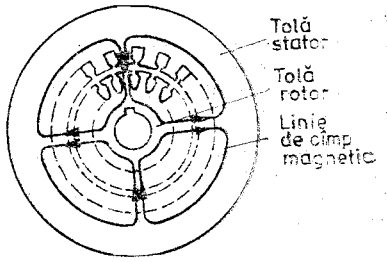


Fig. 40

scoabe sau, mai recent, prin sudare cu plasmă, pe generatoare. **C.m.** ale mașinilor mici pot avea, pentru excitație, *magneți permanenți*, confecționați din → *materiale magnetice* dure. *CALCULUL* **c.m.** Fluxul polar al mașinii în întrefier (fluxul util) se stabilește cu relația $\Phi = \alpha_i B_\delta \tau_p l_i$, în care α_i este factorul de acoperire polară, care ține seama de repartiția neuniformă a inducției magnetice de-a lungul pasului polar ($\alpha_i = 0{,}6...0{,}8$); B_δ — inducția în întrefier (0,6... ...1 T); τ_p — pasul polar; l_i — lungimea ideală a mașinii, care ține seama de grosimea izolației dintre tole și de lățimea canalelor de ventilație. Cu ajutorul fluxului polar se determină amperspirele totale (solenația sau tensiunea magnetomotoare) necesare trecerii acestui flux prin toate părțile componente ale **c.m.**: poli, juguri, statoric și rotoric, întrefier și dinți (fig. 41). Pentru o porțiune a **c.m.** de secțiune constantă s, inducția magnetică, este $B = \Phi/s$ (se va ține seama și de fluxul de scăpări). Intensitatea cîmpului magnetic H se determină din curba de magnetizare a materialului respectiv (pentru întrefier $H = B_\delta/\mu_0$; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m).

Valorile uzuale ale inducției magnetice sînt 1...1,5 T în juguri, 1,2... ...1,6 T în poli, 1,8...2,3 T în dinți. Calculul inducției este mai laborios pentru zona dinților, din cauza secțiunii lor variabile și din cauza închiderii

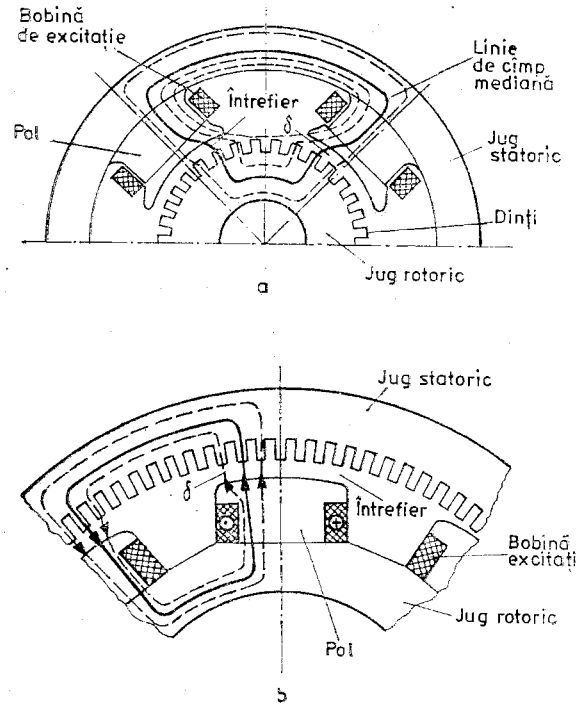


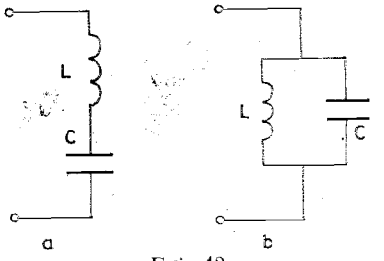
Fig. 41

unor linii de cîmp prin crestături, odată cu saturarea dinților (la inducții peste 1,8 T). Se lucrează cu valori medii ale lui H pe înălțimea dinților (formula lui Simpson), iar determinarea repartiției inducției în dinți și în crestături se face pe cale grafică. Tensiunea magnetică a unei porțiuni de **c.m.** este $F = H \cdot l_{Fe}$. La calculul tensiunii magnetice a întrefierului trebuie să se țină seama de creșterea reluctanței magnetice datorită crestării, introducîndu-se un întrefier de calcul $\delta' = k_\delta \delta$, unde k_δ este *factorul lui Carter* ($k_\delta = 1{,}05...1{,}1$ la crestături semiînchise și 1,2...1,3 la crestături deschise). Tensiunea magnetică a întrefierului este $F_\delta = 2B_\delta k_\delta \delta/\mu_0$, δ fiind întrefierul real, și reprezintă cea mai mare pondere în tensiunea magnetică totală, încît curentul de magnetizare este foarte mult influențat de valoarea întrefierului. Adunînd tensiunile magnetice parțiale se obține solenația necesară (NI). Dacă se repetă calculele pentru diferite valori ale fluxului util se stabilește dependența $\Phi = f(NI)$, numită → *caracteristică de magnetizare*, cu ajutorul căreia se poate aprecia gradul de

saturație a mașinii. La transformatoare, **c.m.** se confecționează din tole de oțel silicios înalt aliat laminate la cald (0,35 mm) sau la rece (laminarea la cald numai pînă la 2,5 mm, după care urmează tragerea la rece, la grosimi de 0,35; 0,3 sau 0,28 mm). Tolele, întrețesute pentru micșorarea întrefierului, se consolidează cu nituri sau șuruburi izolate față de tole, cu șuruburi din rășini epoxidice armate cu fibră de sticlă sau prin lipire cu cleiuri speciale. *Miezurile înfășurate* din bandă continuă de tablă laminată la rece (aplicate în prezent pînă la puteri de 1000 kVA) necesită o cantitate de tablă cu 15...20% mai mică decît miezurile împachetate, au întrefier redus, dar pretind o tehnologie mai complicată. Amperspirele de magnetizare se calculează aplicînd legea circuitului magnetic pe un contur închis care străbate jugurile, pe lungimea l_j, coloanele, pe lungimea l_c și întrefierul total δ: $I_\mu N_1 = H_j l_j + H_c l_c + H_\delta \delta$ unde H_j și H_c sînt intensitățile cîmpului magnetic în jug și coloană, determinate din curba de magnetizare, $H_\delta = B_\delta/\mu_0$-intensitatea cîmpului magnetic în întrefier. Inducția magnetică are valori cuprinse între 0,9 și 1,2 T.

circuit oscilant, circuit rezonant.

circuit rezonant, circuit format dintr-un condensator de capacitate C și o bobină cu inductivitatea L, cu rezistență mică ($R \ll \sqrt{L/C}$), care pentru o frecvență determinată, numită *frecvență de rezonanță*, are impedanță teoretic nulă la conectarea în serie (**c.r.** serie) și teoretic infinită, la conectarea în paralel a elementelor (**c.r.** paralel). Valoarea reală a impedanței depinde de valoarea rezistenței circuitului (→ *factor de calitate*). Frecvența de rezonanță, la rezistențe neglijabile se determină cu relația $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (*formula lui Thomson*, dedusă din condiția $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$). *C.r. serie (cu rezonanță de tensiune*, fig. 42, *a*) are la frecvența de rezonanță valori maxime pentru tensiunea de la bornele bobinei și



Fgi. 42

condensatorului; *c.r. paralel (cu rezonanță de curent*, fig. 42, *b*) are la frecvența de rezonanță curenți maximi prin bobină și condensator, practic în opoziție de fază, curentul absorbit din exterior fiind minim. **C.r.** se utilizează la limitarea unor armonici superioare. Sin. *circuit oscilant*.

cîmp, stare fizică a unei regiuni dintr-un spațiu în care fiecărui punct îi corespunde o valoare a unei mărimi fizice de stare, numite mărime **c.** După felul mărimii **c.** se deosebesc: *c. scalare* (de ex., **c.** de temperaturi, **c.** potențialului electric), *c. vectoriale* (de ex., **c.** forțelor, **c.** electric, **c.** magnetic), **c.** *tensoriale* (de ex., **c.** tensiunilor maxwelliene). **C.** vectorial se reprezintă prin linii de **c.**, la care în fiecare punct vectorii **c.** sînt tangenți. Desimea liniilor de cîmp este o măsură a mărimii **c.** **C.** se studiază cu ajutorul *analizei vectoriale*. Principalii operatori diferențiali cu care operează analiza vectorială sînt: a) *Gradientul*. Considerînd un **c.** scalar $V(x, y, z)$, reprezentat prin suprafețe pe care $V = \text{const}$ (suprafețe de nivel), variația mărimii **c.** depinde de direcția deplasării față de suprafața de nivel. Variația maximă se obține la deplasarea pe o direcție perpendiculară pe suprafața $V = \text{const}$ (fig. 43). Gradi-

entul este un vector, orientat după normala la suprafața de nivel, cu valoarea numerică egală cu variația maximă a mărimii pe unitatea de lungime. În coordonatele carteziene, $grad\ V = \frac{\partial V}{\partial x}\bar{i} + \frac{\partial V}{\partial y}\bar{j} + \frac{\partial V}{\partial z}\bar{k}$. Dacă vectorul unui **c.** se exprimă prin gradientul unei funcții scalare, **c.** este *potențial* (de ex., **c.** electric

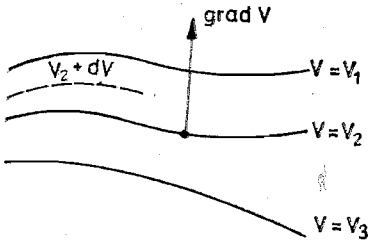


Fig. 43

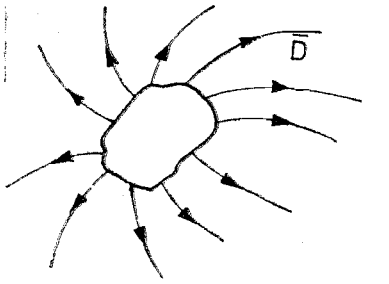


Fig. 44

$\bar{E} = -\ grad\ V$). *b) Divergența.* Se consideră un **c.** vectorial $\bar{D}$, cu linii de **c.** care pleacă de pe un corp (sursă de **c.**) și ajung pe alte corpuri (surse) (fig. 44). Divergența *div* $\bar{D}$ este un scalar și are semnificația unei măsuri a intensității surselor **c.** În coordonate carteziene, $div\ \bar{D} = \frac{\partial Dx}{\partial x} + \frac{\partial Dy}{\partial y} + \frac{\partial Dz}{\partial z}$. Dacă un **c.** vectorial $\bar{B}$ are $div\ \bar{B} = 0$ (de ex., **c.** inducției magnetice), liniile de cîmp nu pleacă de la o sursă la alta (nu există surse), ci sînt închise, **c.** se numește *c. solenoidal* sau *c. rotațional*. *c) Rotorul.* Dacă liniile închise ale unui **c.** solenoidal $\bar{H}$ înlănțuie o linie, direcția tangentei într-un punct la această linie este dată de *vectorul rotor* $\bar{H}$, al cărui sens se asociază cu sensul liniilor de **c.** cu regula burghiului drept, iar valoarea sa este o măsură a desimii acestor linii într-un anumit punct (fig. 45). În coordonate carteziene,

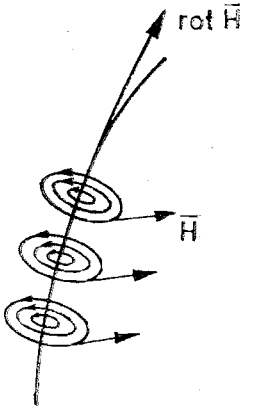


Fig. 45

rotorul se calculează cu determinantul operator ∇ (→ *nabla*)

$$\nabla \times \bar{H} = rot\ \bar{H} = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ H_x & H_y & H_z \end{vmatrix}.$$

Dacă pentru un **c.** vectorial $rot\ \bar{E} = 0$ într-un domeniu, **c.** este *irotațional* sau *potențial* în acel domeniu. Un **c.** care are rotor nul și divergență nulă într-un domeniu, se numește *c. laplacian* în acel domeniu. *Transformări de integrale.* Integrala de suprafață a vectorului **c.**, $\bar{D}$, pe o suprafață închisă Σ se poate exprima prin

integrala de volum a divergenței vectorului e. extinsă la volumul V_Σ cuprins în interiorul suprafeței considerate *(transformarea Gauss)*: $\oint_\Sigma \bar{D}\cdot\overline{ds} = \oint_{V_\Sigma} div\ \bar{D}\cdot dv$. Integrala de linie a vectorului e., $\bar{H}$, pe o curbă închisă Γ se poate exprima prin integrala de suprafață a rotorului vectorului e. extinsă pe suprafața S_Γ ce se sprijină pe curba considerată $\oint_\Gamma \bar{H}\cdot\overline{dl} = \int_{S_\Gamma} rot\ \bar{H}\cdot\overline{ds}$ *(transformarea Stokes)*. Un e. vectorial se poate determina dacă se cunosc rotorul și divergența în fiecare punct al său, iar la frontiera c. sînt cunoscute condițiile de limită. C. laplaciene bidimensionale, ale căror mărimi variază numai după două direcții, sînt descrise de ecuația diferențială $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$ care se poate rezolva practic prin mai multe metode (metoda diferențelor finite, metoda separării variabilelor, metoda funcțiilor analitice, metoda reprezentării conforme, metode grafice).

cîmp electric, regiune din spațiu în care se exercită forțe asupra corpurilor încărcate electric și cupluri asupra corpurilor polarizate electric. Prin c.e. se poate înțelege și cîmpul vectorilor intensității c.e. $\bar{E}$. În vid c.e. se manifestă prin exercitarea forței $\bar{F} = q\bar{E}_e$ asupra unui mic corp încărcat cu sarcina electrică q, suficient de mică încît să nu modifice c.e. exterior de intensitate $\bar{E}_e$. Studiul c.e. în corpuri (în → *teoria macroscopică*) necesită două mărimi de stare: $\bar{E}$, intensitatea c.e., și $\bar{D}$, inducția electrică, deoarece în corpuri pot să apară și → *sarcini de polarizație*. Starea corpurilor este caracterizată de densitatea de volum a sarcinii electrice adevărate, ρ, și de densitatea de volum a momentelor electrice (→ *polarizația* $\bar{P}$). Densitatea volumetrică a energiei electrice localizate în medii liniare este $w = ED/2$. *Cîmp electrostatic*, c.e. în regim electrostatic, caracterizat de absența transformărilor de energie (în conductoare nu se dezvoltă căldură, deci nu este curent electric), iar mărimile de stare nu variază în timp. În *cîmpul electrostatic coulombian* corpurile încărcate cu sarcină electrică sînt punctiforme (cu dimensiuni neglijabile față de distanța la care se calculează c.e.). Intensitatea c.e. produs în vid de un corp punctiform încărcat cu sarcina Q, la distanța R este $E = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}$ unde $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi\cdot 9\cdot 10^9}$, F/m, reprezintă permitivitatea vidului. Cîmpul electrostatic este exprimat prin: *a) Teorema potențialului.* $rot\ \bar{E} = 0$; $\oint_\Gamma \bar{E}\cdot\overline{dl} = 0$; $\bar{E} = -grad\ V$; cîmpul este *potențial*, cu linii care pornesc de pe corpurile încărcate cu sarcină pozitivă și ajung la corpurile cu sarcină negativă (fig. 46). *b) Legea*

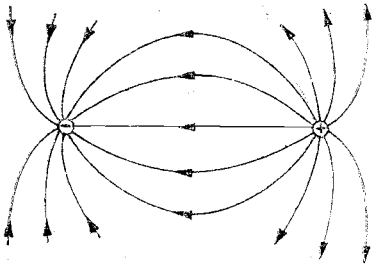


Fig. 46

fluxului electric. $\oint_\Sigma \bar{D}\cdot\overline{ds} = \oint_{V_\Sigma} \rho\cdot dv = Q$; $div\ \bar{D} = \rho$. *c) Legea legăturii dintre inducție, intensitate și polarizație.* $\bar{D} = \varepsilon_0\bar{E} + \bar{P}$. *d) Legea polarizației electrice temporare.* $\bar{P} = \varepsilon_0\chi_e\bar{E}$. În medii izotrope, $\bar{D} = \varepsilon\bar{E}$, vectorii $\bar{D}$ și $\bar{E}$ sînt coliniari, deoarece permitivitatea ε este un scalar; în medii anizotrope ε este un tensor, iar vectorii de cîmp nu sînt coliniari. *e) Condiția de regim electrostatic.* $\bar{E} + \bar{E}_i = 0$, unde E_i este intensitatea *c.e. imprimat*. În conductoare omogene $E_i = 0$, deci în regim electrostatic c.e. în interiorul conductoarelor este nul, sarcina este repartizată superficial, iar suprafața lor este *echipotențială*. C.e. staționar, c.e. în regim electrocinetic, caracterizat de transformări de energie electrică în căldură în conductoare, prin trecerea curentului electric, iar mărimile de stare sînt invariabile în timp. Condiția de regim electrostatic $\bar{E} + \bar{E}_i = 0$ nu mai este respectată; în conductoare, sub acțiunea c.e. rezultant, sarcinile electrice (electronii liberi) se deplasează formînd curentul electric, a cărui densitate de curent este $\bar{J} = \sigma(\bar{E} + \bar{E}_i)$, (legea lui Ohm sub formă locală), unde σ este conductivitatea conductorului și $div\ \bar{J} = 0$ (ecuația de continuitate). În conductoare omogene cîmpul imprimat este nul, deci $\bar{J} = \sigma\bar{E}$ (legea lui Ohm pentru o porțiune de circuit). *C.e. staționar* este un cîmp potențial, dar conductoarele nu mai sînt echipotențiale. *C.e. cvasistaționar*, c.e. în regim cvasistaționar, în care mărimile de stare variază suficient de lent în timp pentru a se putea neglija contribuția → *curentului de deplasare* la producerea cîmpului magnetic (cu excepția dielectricului din condensatoare). Intensitatea c.e., $\bar{E}$, poate primi și o componentă solenoidală, prin inducție electromagnetică: $rot\ \bar{E} = -\frac{\partial\bar{B}}{\partial t} + rot(\bar{v}\times\bar{B})$, (forma locală a legii inducției electromagnetice în care $\bar{E}$ este inducția magnetică; v — viteza de mișcare relativă a conductorului față de cîmpul magnetic). Teorema potențialului nu mai este valabilă; $\oint_\Gamma \bar{E}\cdot\overline{dl} = u_e$ — tensiunea electromotoare. Se poate considera că în conductoare, c.e. este cvasistaționar pentru toate frecvențele utilizate în practică.

cîmp electric imprimat, cîmp electric de natură neelectrică care apare în medii neomogene sau accelerate, fiind complet condiționat de starea locală de neomogenitate fizico-chimică. *C.e.i. de accelerație*, apare de ex., într-un disc conductor ce se rotește în jurul axei, datorită forței centrifuge ce se exercită asupra electronilor liberi, care are ca efect apariția sarcinii negative la exterior și a celei pozitive la interiorul discului; *C.e.i. de difuziune*, produs de neuniformitatea concentrației unui electrolit; *C.e.i. termoelectric* (→ *efect termoelectric*); *C.e.i. galvanic* (→ *element galvanic*); *C.e.i. fotoelectric* (→ *efect fotoelectric*); *C.e.i. de combustie* (→ *convertor electrochimic*).

cîmp electromagnetic, cîmp variabil în timp, caracterizat printr-un *cîmp magnetic*, produs de variația în timp a cîmpului electric și de un *cîmp electric*, produs de variația în timp a cîmpului magnetic (conform ecuațiilor lui Maxwell): $rot\ \bar{E} = -\frac{\partial\bar{B}}{\partial t}$; $rot\ \bar{H} = \frac{\partial\bar{D}}{\partial t}$; $div\ \bar{B} = 0$; $div\ \bar{D} = 0$; $\bar{B} = \mu\bar{H}$; $\bar{D} = \varepsilon\bar{E}$. (În tratarea microscopică c.e. se descrie doar cu două mărimi de stare, intensitatea microscopică a cîmpului electric, respectiv inducția microscopică a cîmpului magnetic). C.e. se propagă sub formă de → *unde electromagnetice*. Energia propagată în c.e. pe unitatea de suprafață și în unitatea de timp este $\bar{S} = \bar{E}\times\bar{H}$ (→ *vectorul lui Poynting*). C.e. reprezintă o formă a materiei, care, sub aspect macroscopic, are o distribuție continuă în spațiu.

cîmp magnetic, regiune din spațiu în care se exercită forțe și cupluri asupra conductoarelor parcurse de curent și asupra corpurilor magneti-

zate. Prin **c.m.** se poate înțelege și *cîmpul vectorilor* $\overline{H}$ ai intensității **c.m.** Studiul **c.m.** în corpuri (în → *teoria macroscopică*) necesită două mărimi de stare, $\overline{H}$ — intensitatea **c.m.** și $\overline{B}$ — inducția magnetică, deoarece momentele magnetice ale corpurilor magnetizate modifică **c.m.** existent în absența corpurilor. Starea magnetică a corpurilor este caracterizată de densitatea curentului de conducție $\overline{J}$ și de densitatea volumetrică a momentelor magnetice (produse de curenții moleculari sau amperieni) în corpurile magnetizate (→ *magnetizația* $\overline{M}'$). Densitatea de volum a energiei magnetice localizate în medii lineare este $w = HB/2$. C î m p m a g n e t o s t a t i c, **c.m.** în regim magnetostatic, caracterizat de absența transformărilor de energie (în conductoare nu se dezvoltă căldură, nu există curent electric), iar mărimile de stare nu variază în timp. Cîmpul magnetostatic este un cîmp potențial (*rot* $\overline{H} = 0$) și este produs de polarizația magnetică permanentă (a magneților permanenți) și temporară, a corpurilor. *C.m. staționar*, **c.m.** în care mărimile de stare $\overline{B}$ și $\overline{H}$ sînt invariabile în timp, iar în conductoare se dezvoltă căldură prin trecerea curentului continuu. Se exprimă prin: *legea circuitului magnetic*, rot $\overline{H} = \overline{J}$ (forma locală), $\oint_{\Gamma} \overline{H} \cdot \overline{dl} = \oint_{S_\Gamma} \overline{J} \cdot \overline{ds} = NI$ (forma integrală); *legea fluxului magnetic*, *div* $\overline{B} = 0$, $\oint_{\Sigma} \overline{B} \cdot \overline{ds} = 0$; *legea legăturii dintre inducție, intensitate și magnetizație*, $B = \mu_0 (H + M')$; *legea magnetizației temporare*, $\overline{M}' = \chi_m \overline{H}$. În medii izotrope, $\overline{B} = \mu \overline{H}$. *C.m. cvasistaționar* → *cîmp electric cvasistaționar*. **C.m.** al inducției $\overline{B}$ nu poate fi decît solenoidal, deci liniile sale de cîmp sînt întotdeauna închise (fig. 47, *a*). Liniile cîmpului $\overline{H}$ sînt toate închise numai în vid, în prezența corpurilor cîmpul intensității $\overline{H}$ are și componente potențiale (apar și linii de cîmp deschise, fig. 47, *b*). La traversarea limitei de separație dintre două medii cu permeabilități diferite, liniile de cîmp au o astfel de configurație, încît vectorul $\overline{B}$ își conservă *componenta normală*, iar vectorul $\overline{H}$ — *componenta tangențială* (→ *refracția liniilor de cîmp*). **C.m.** din m a ș i n i l e e l e c t r i c e este produs de înfășurări parcurse de

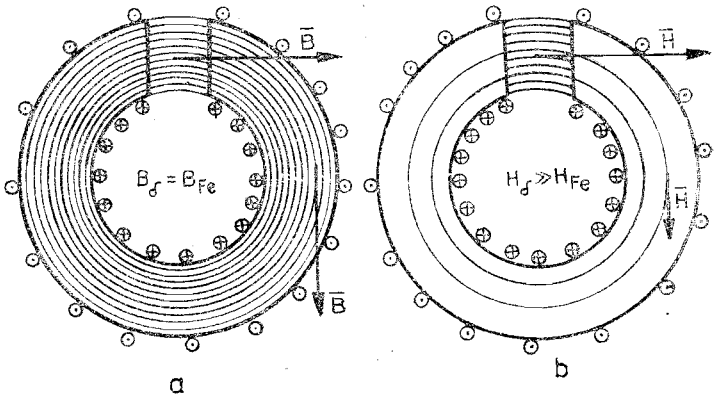


Fig. 47

curent (mai rar de magneți permanenți). Cea mai mare parte a liniilor de **c.m.** se închid prin întrefierul dintre stator și rotor — *c.m. util*, iar o mică parte înconjoară numai conductoarele care l-a produs — *c.m. de scăpări* (de dispersie). La conversia electromecanică a energiei participă numai **c.m.** util. Repartiția **c.m.** (B) de-a lungul unui pas polar este mai mult sau mai puțin sinusoidală, fiind determinată de configurația întrefierului și de modul de repartizare a bobinelor în crestături. O repartiție nesinusoidală a inducției în întrefier se poate descompune într-o armonică fundamentală (spațială) și armonici superioare. Armonica fundamentală este determinantă pentru comportarea mașinii (tensiuni induse, cupluri electromagnetice). După modul de variație în timp a inducției magnetice se deosebesc următoarele tipuri de **c.m.** (se ia în considerare numai fundamentala): *C.m. continuu*, $B = B_m \cos\alpha$ (α este coordonata unghiulară a punctului din întrefier în care se consideră inducția, față de o axă de referință arbitrară ce trece prin centrul mașinii); *C.m. alternativ* (impropriu denumit *c.m. pulsator*), $B(\alpha, t) = B_m \cos\alpha \cos\omega t$, reprezintă o undă staționară; *C.m. învîrtitor circular* $B(\alpha, t) = B_m \cos(\alpha - \omega t)$, undă rotitoare în direcția valorilor pozitive ale lui α (în sens direct); *C.m. învîrtitor eliptic*, $B(\alpha, t) = B_1 \cos(\alpha - \omega t) + B_2 \cos(\alpha + \omega t)$ reprezintă două unde de amplitudini diferite, rotitoare în sensuri opuse. **C.m.** alternativ se poate descompune în două **c.m.** învîrtitoare ce se rotesc în sens opus, $B_m \cos\alpha \cos\omega t = \frac{B_m}{2} \cos(\alpha - \omega t) + \frac{B_m}{2} \cos(\alpha + \omega t)$. (→ *cîmp magnetic învîrtitor*).

cîmp magnetic învîrtitor, cîmp învîrtitor al inducției magnetice $\overline{B}$ în întrefierul unor mașini sau aparate de curent alternativ. **C.m.î.** poate fi produs prin rotirea unor poli de excitație cu bobine alimentate în curent continuu (→ *mașina sincronă*), sau cu ajutorul unor înfășurări polifazate parcurse de curenți polifazici. Condiția producerii unui **c.m.î.** circular este ca înfășurările să fie decalate în spațiu cu un unghi electric egal cu unghiul de defazaj în timp al curenților simetrici ce străbat aceste înfășurări. De ex., la o mașină trifazată cu doi poli (fig. 48), înfășurările celor trei faze sînt decalate în spațiu cu $2\pi/3$ radiani. Curenții trifazici $i_1 = i_m \cos\omega t$, $i_2 = i_m \cos(\omega t - 2\pi/3)$, $i_3 = i_m \cos(\omega t - 4\pi/3)$ produc în punctul P cîte un cîmp magnetic alternativ $B_1 = B_m \cos\alpha \cos\omega t$, $B_2 = B_m \cos(\alpha + 2\pi/3) \cos(\omega t - 2\pi/3)$, $B_3 = B_m \cos(\alpha + 4\pi/3) \cos(\omega t - 4\pi/3)$. Prin descompunerea fiecărui cîmp magnetic alternativ în două cîmpuri ce se rotesc în sens opus, B' și B'', și apoi prin însumarea lor se obține $B_1' + B_2' + B_3' = 0$; $B_1'' + B_2'' + B_3'' = 3B_1'' = \frac{3}{2} B_m \cos(\omega t + \alpha)$. Cîmpul rezultant este un **c.m.î.** ce se rotește în sensul succesiunii fazelor (în ex. considerat în sens invers trigonometric) cu o viteză unghiulară $\Omega = \omega/p$, respectiv cu o turație $n = 60\, f/p$, rot/min, unde p reprezintă numărul de perechi de poli ai mașinii.

clasă de izolație, categorie folosită pentru caracterizarea materialelor izolante care suportă aceeași temperatură admisibilă. Există 7 **c.de i.**, notate cu Y, A, E, B, F, H, C: Y — temperatura admisibilă 90°C (bumbac, mătase, hîrtie — neimpregnate); A — 105°C (bumbac, celofibră, mătase — impregnate); E — 120°C (pelicule organice sintetice); B — 130°C (materiale pe bază de mică, fibră de sticlă, azbest — cu lianți organici și compounduri de impregnare); F — 155°C (aceleași materiale ca la B, dar de calitate superioară); H — 180°C (materiale pe bază de

mică, fibră de sticlă, azbest — cu lianți siliconici); C — peste 180°C (porțelan, cuarț, sticlă). Cele mai întîlnite c.de i. în construcția de mașini electrice sînt A, E, B, F, iar mai recent H.

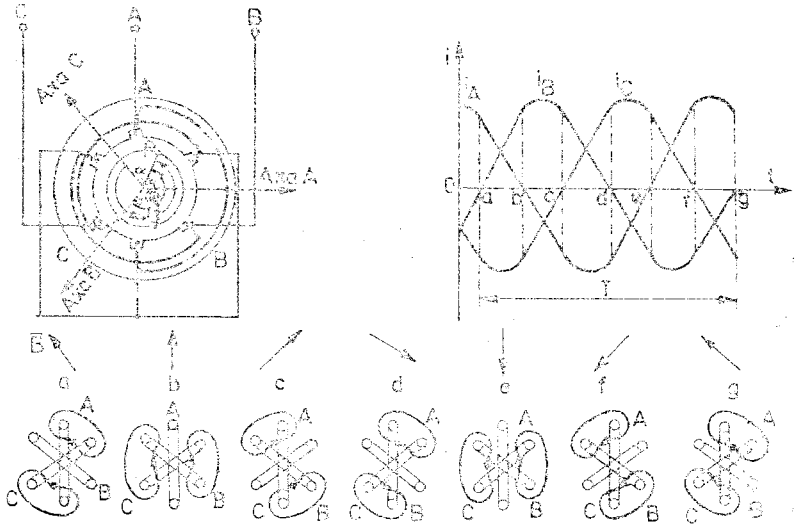


Fig. 48

clasă de precizie, mărime folosită pentru caracterizarea preciziei unui instrument de măsurat electric, reprezentînd eroarea relativă procentuală la sfîrșitul domeniului de măsură (de ex., c.de p. de 0,2 înseamnă o eroare maximă relativă de 0,2% la capătul scalei instrumentului; eroarea relativă la începutul scalei poate fi mult mai mare). **C.de p.** uzuale sînt 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 5.

clemă, piesă de legătură electrică sau mecanică între două sau mai multe conductoare electrice, între conductoare și izolatoare, între conductoare și aparate etc.

clemă crocodil, **crocodil**.

cleşte ampermetru, aparat industrial constînd dintr-un transformator de curent de măsură, cu circuit magnetic care se poate deschide și un ampermetru. Se utilizează la măsurarea curenților de intensitate mare la instalațiile în funcțiune, fără întreruperea circuitului.

clofen, ulei sintetic neinflamabil (*difenil clorurat*), utilizat ca mediu de impregnare la condensatoarele de forță și ca izolant și mediu de răcire la unele transformatoare de putere. Are permitivitate mai mare decît uleiul mineral ($\varepsilon_r = 5$, față de 2,2).

Cockroft, Sir John Douglas (1897—1967), fizician și inginer englez. Profesor universitar la Cambridge. Sub îndrumarea lui Rutherford, a lucrat împreună cu P. L. Kapița în domeniul supraconductivității aplicate la obținerea cîmpurilor magnetice foarte puternice. Contribuții în fizica nucleară (a efectuat în laborator, în 1932, prima reacție nucleară, de transmutație a atomilor, prin bombardarea litiului cu protoni accelerați

de un accelerator liniar), în radiolocație în energetica nucleară (începînd cu 1946 a condus cercetările de la Harwell, unde s-a construit primul reactor nuclear englez). Premiul Nobel pentru fizică, în 1951 (împreună cu Th. S. Walton), pentru cercetări în domeniul reacțiilor nucleare cu particule accelerate.

coeficient de cerere, raport subunitar dintre puterea cerută de un consumator și puterea sa instalată, $K_c = \frac{P_c}{P_i} = \frac{k_s k_i}{\eta_r \eta_{re}}$, unde k_s este coeficientul de simultaneitate; k_i — coeficientul de încărcare; η_r — randamentul receptoarelor; η_{re} — randamentul rețelei. **C.de c.** poate avea valori foarte mici (de ex., la motoarele electrice cu funcționare intermitentă ale macaralelor și podurilor rulante $K_c = 0{,}1$), sau valori apropiate de unitate (de ex., la instalațiile de iluminat electric).

coeficient de cuplaj magnetic, raport subunitar dintre inductivitatea mutuală a două bobine și media geometrică a inductivităților proprii ale acestora, $k = L_{12}/\sqrt{L_1 L_2}$. **C.de c.m.** ar fi egal cu unitatea dacă fluxurile de scăpări ale celor două bobine ar fi egale cu zero (cuplaj ideal, obținut, de ex., cu bobine așezate pe circuite magnetice toroidale).

coeficient de durată, raport dintre puterea de durată și puterea uniorară la un motor de tracțiune electrică. **C.de d.** are valoarea 0,35 la motoarele capsulate, 0,55...0,85 la motoarele autoventilate și 0,75...0,87 la motoarele cu ventilație forțată, fiind determinat de constanta termică de timp în procesul tranzitoriu de încălzire.

coeficient de influență electrică, mărime pozitivă $\gamma_{k,l}$ definită pentru o pereche de conductoare k, l (dintr-un sistem de n conductoare în regim electrostatic), de raportul dintre sarcina conductorului k și potențialul conductorului l, cînd toate celelalte conductoare ar avea potențialul zero (fiind legate la pămînt sau aflate la infinit), $\gamma_{k,l} = \left(\frac{q_k}{V_l}\right)_{V_j = V_0 = 0}$, $j \neq l$. **C.de i.e.** intervin în *ecuațiile de capacitate ale lui Maxwell* (forma a doua), care exprimă relații între sarcini și potențialele conductoarelor aflate într-un mediu izotrop și linear, obținute prin aplicarea *principiului superpoziției*

$$q_1 = \gamma_{11} V_1 + \gamma_{12} V_2 + \ldots \gamma_{1n} V_n$$
$$q_2 = \gamma_{21} V_1 + \gamma_{22} V_2 + \ldots \gamma_{2n} V_n$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$q_n = \gamma_{n1} V_1 + \gamma_{n2} V_2 + \ldots \gamma_{nn} V_n$$

$$\text{sau } q_k = \sum_{l=1}^{n} \gamma_{k,l} V_l$$

C.de i.e. nu depind de sarcini sau potențiale, ci numai de permitivitatea mediului, de forma și poziția conductoarelor, avînd dimensiuni identice cu ale capacităților (se măsoară în farazi). Sin. *factor de inducție*, *factor de capacitate*.

coeficient de încărcare, raport dintre puterea absorbită de un receptor și puterea sa nominală (→ *coeficient de cerere*).

coeficient de potențial, mărime pozitivă $\alpha_{k,l}$ definită pentru o pereche de conductoare k, l, dintr-un sistem de n conductoare în regim electrostatic, de raportul dintre potențialul conductorului k și sarcina conductorului l, cînd sarcinile tuturor celorlalte conductoare ar fi nule, potențialul de referință fiind cel al pămîntului sau al unui conductor de la infinit, $\alpha_{k,l} = \left(\frac{V_k}{q_l}\right)_{q_j = 0}$ $j \neq l$. **C. de p.** intervin în *ecuațiile de capacitate ale lui Maxwell* (prima formă): $V_k = \sum_{l=1}^{n} \alpha_{k,l} q_l$ și în medii lineare, izotrope, nu depind de potențiale și sarcini, ci numai de permitivitatea

mediului, de forma și poziția conductoarelor. **C.de p.** au dimensiunea unei mărimi inverse capacității — elastanța.

coeficient de punere la pămînt, raport, definit într-un punct al unei

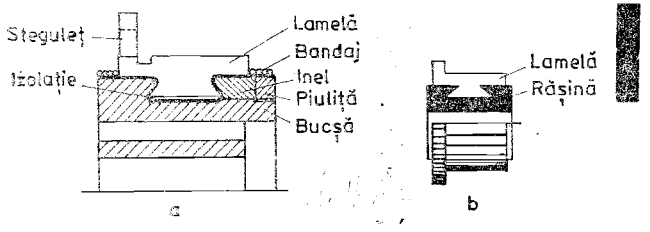


Fig. 49

rețele trifazate, dintre cea mai mare tensiune față de pămînt a unei faze rămase sănătoase la producerea unei puneri la pămînt la unul sau mai multe conductoare și tensiunea dintre faze în lipsa defectului. Se utilizează la dimensionarea izolației, indicînd cît de mult poate crește tensiunea fazelor sănătoase față de pămînt, în funcție de eficiența legării la pămînt de exploatare a neutrului transformatoarelor.

coeficient de variație a rezistivității cu temperatura → **rezistivitate.**

cofret, dulap de dimensiuni reduse, de obicei îngropat în zid, în care sînt amplasate aparatele de comutație și protecție (separator și întreruptor automat sau siguranțe fuzibile) ale unui racord de instalații electrice în clădiri. Sin. *cutie de branșament, firidă.*

colector, dispozitiv mecanic, la rotorul unei mașini electrice, care servește la comutarea conexiunii electrice de la circuitul exterior la bobinele rotitoare. **C.** este format dintr-un cilindru gol (bucșă) pe care sînt fixate, prin îmbinare cu coadă de rîndunică, lamele de cupru tare, izolate între ele și izolate de corpul **c.** (fig. 49). Izolația dintre lamele se confecționează, de regulă, din micanită; la mașini de putere mică, lamelele împreună cu izolația sînt rigidizate cu ajutorul unor rășini sintetice (fig. 49, *b*). Sfîrșitul fiecărei secții a înfășurării rotorice și începutul secției următoare se conectează la aceeași lamelă de **c.**, prin lipire direct la lamelă sau la o piesă de legătură numită *steguleț*, confecționată din tablă de cupru recopt sau din tablă de oțel moale cositorită. Contactul alunecător la lamele se face prin intermediul *periilor*. La mașina de curent continuu **c.** are rolul de a redresa tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea închisă a rotorului.

colier port-perie, dispozitiv de formă inelară, de oțel sau fontă, care susține tijele de fixare a periilor unei mașini electrice. Prin rotirea **c.p.p.** în jurul axei mașinii, se fixează periile în poziția dorită, sub aspectul ameliorării comutației sau reglării tensiunii sau turației (→ *calare a periilor*).

colivie, înfășurare în scurtcircuit, sub formă de bare introduse în crestăturile rotorice ale unei mașini electrice și unite la capete prin inele frontale (fig. 50). Numărul de poli ai înfășu-

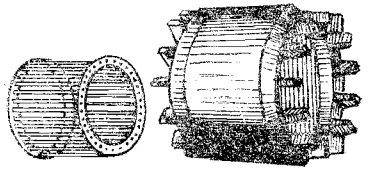


Fig. 50

rării în **c.** este egal cu numărul de poli ai înfășurării statorice, indiferent de numărul *m* al conductoarelor **c.**; sistemul de curenți din bare este *m*-fazat. **C.** se execută din aluminiu, prin turnare sub presiune (la motoare asincrone mici), sau din bare de cupru sudate la capete (la mașini mari). *C. dublă* este formată dintr-o **c.** exterioară, cu rezistență electrică mare, care asigură cuplu mare la pornire și o **c.** interioară, cu același număr de bare, de rezistență mică, care-și aduce aportul în special la turația de regim staționar, mărind randamentul motorului. *C. cu bare înalte*, cu înălțimea de 10...12 ori mai mare decît lățimea, este utilizată tot în scopul măririi cuplului de pornire. În perioada pornirii, cînd frecvența tensiunii induse în rotor este mare, curentul din bare este refuiat înspre exterior, mărindu-se rezistența. Pe măsură ce turația crește, frecvența curentului rotoric scade, efectul pelicular este mai puțin pronunțat și rezistența circuitului rotoric scade, obținîndu-se aceleași efecte ca la **c.** dublă. *C.de amortizare*, **c.** amplasată în rotorul mașinilor sincrone cu scopul amortizării → *pendulărilor*. *C. de pornire* se utilizează la motoarele sincrone cu poli aparenți lamelați, pentru crearea cuplului de pornire în asincron.

comandă automată (a acționărilor electrice), comandă în circuit deschis, cu elemente discrete, utilizată la pornirea, frînarea sau inversarea sensului de rotație a motoarelor de acționare. Poate fi: directă, secvențială și după program. La *c.a. directă*, mărimile de ieșire sînt dependente de valorile momentane ale semnalelor de intrare; la *c.a. secvențială*, comanda se dă nu numai în funcție de semnalele de intrare, dar și de valorile anterioare ale unor mărimi din sistem; la *c.a. după program*, succesiunea operațiilor este dată de un dispozitiv de programare constituit din discuri sau benzi magnetice, cartele sau benzi perforate etc. *(C.a. analogică*, de regulă în circuit închis, este caracteristică reglării automate, de ex. a turației → *automatică)*. **C.a.** folosește ca *mărimi de comandă* curentul, viteza unghiulară sau timpul. La *c.a. în funcție de curent*, se utilizează relee de curent sau contactoare cu înfășurări de curent, conectate direct sau prin transformatoare de curent de măsură; la *c.a. în funcție de timp* se folosesc relee de timp, care pot avea temporizări minime de zecimi de secundă; *c.a. în funcție de viteză* se face cu ajutorul unor relee centrifugale sau, indirect, cu tahogeneratoare; la motoarele de curent continuu, viteza poate fi evaluată prin măsurarea tensiunii la bornele indusului. La mașinile de lucru cu mișcare de translație, se poate face și *c.a. în funcție de cursă*. Sistemele de comandă trebuie să fie: *simple*, cu un număr minim de elemente (contactoare, relee), de preferință de același tip; *sigure*, cu elemente robuste, cu blocări care să nu permită avarierea instalației la darea unor comenzi greșite sau la defectarea unui element; *comode în exploatare și la depanare*, prin amplasarea adecvată a punctelor de comandă și prin secționarea schemelor complicate, gruparea subansamblelor pe panouri separate, cu dispozitive de protecție și de semnalizare proprii; *precise*, fără posibilitatea formării unor circuite false; *eficiente* sub aspect tehnic și economic.

comandă multiplă în tracțiunea electrică, sistem care permite comanda mai multor unități de transport cu acționare electrică (locomotive, vagoane motoare, de ex., la metrouri) dintr-un singur post.

comandă numerică, sistem de comandă automată după program care operează cu mărimi discrete (numere). Mărimea de ieșire depinde de valoarea mărimii de intrare în momentul considerat. *La mașinile unelte* se folosește *c.n. de poziționare*, la care

deplasarea sculei sau a piesei se face în afara procesului de aşchiere, în puncte de coordonate discrete, de regulă în sistem rectangular (de ex., la maşinile de găurit prin coordonate), sau *c.n. de prelucrare*, liniară sau de conturare, la care deplasarea sculei sau piesei se face în timpul aşchierii, după o traiectorie liniară, respectiv după o curbă, plană sau spaţială (de ex., la strunguri sau la maşini de frezat). Echipamentul de c.n. operează cu date codificate într-un anumit sistem de numeraţie. Cotele pieselor de prelucrat se exprimă de regulă prin 5 cifre, suficiente pentru precizia cerută de construcţia de maşini (la cote de ordinul zecilor de mm se lucrează cu microni, de ex., 99,999 mm, iar la cote de ordinul metrilor, cu precizie de zecimi de mm, de ex., 9999,9 mm).

comandă pe grilă, procedeu utilizat la ventile ionice sau semiconductoare cu electrod de comandă (tiratroane, ignitroane, excitroane, tiristoare, triacuri) prin care se aplică, la intervale de timp determinate, semnale de o anumită amplitudine, formă şi durată, cu scopul aprinderii (intrării în conducţie) a ventilului. (Prin analogie cu tuburile ionice s-a păstrat şi la tiristor termenul, impropriu, de aprindere.) C.pe.g. are adesea şi funcţiuni de protecţie la suprasarcini sau la avarii, prin suprimarea semnalelor de comandă. C.pe g. a t i r i s t o a r e l o r se face aplicînd o tensiune u_g pe electrodul de comandă (grilă, poartă), pozitivă faţă de catod, tiristorul fiind polarizat direct (anodul la un potenţial mai ridicat decît catodul). Valoarea tensiunii de comandă rezultă din *caracteristica de comandă* $u_g = f(i_g)$, dată în catalog pentru fiecare tip de tiristor (fig. 51). Din cauza dispersiei de fabricaţie a caracteristicilor, se indică *domeniul de comandă sigură*, cuprins între caracteristicile limită de comandă 1 şi 2, tensiunea maximă de comandă u_{GTH}, respectiv curentul maxim de comandă i_{GTH} capabile să deblocheze toate tiristoarele de un anumit tip, la o anumită temperatură a joncţiunii şi hiperbola de putere constantă admisibilă de comandă $p_{c\,adm}$ a cărei depăşire periclitează joncţiunea de

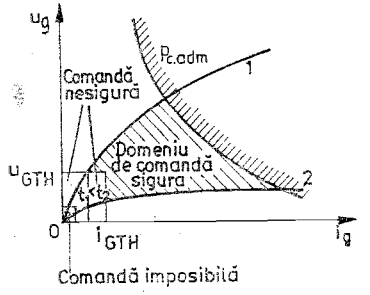


Fig. 51

comandă. Parametrii circuitului de c.pe.g. (u_{g0}, i_k) trebuie astfel aleşi încît să intersecteze caracteristicile de comandă în domeniul aprinderii sigure. Tensiunile şi curenţii de comandă sînt cuprinşi între 2 şi 10 V, respectiv 0,1 şi 1500 mA, valorile mai mari pentru tiristoare mai puternice. Tensiunea de mers în gol a sursei de comandă (circuitul de comandă deschis) se poate lua de 10 V pentru tiristoare sub 25 A şi de 20 V pentru tiristoare mai mari (valori orientative). Tipul circuitelor de c.pe g. depinde de destinaţia tiristoarelor, fără să existe circuite universale, aplicabile în orice situaţii. Semnalele de c.pe g. pot fi continue, tensiunea de comandă fiind luată de pe anodul tiristorului, la instalaţii nepretenţioase sub aspectul rapidităţii intrării în conducţie (fig. 52). După intrarea în conducţie a tiristorului, curentul prin joncţiunea de comandă scade la valori neînsemnate, datorită căderii mici de tensiune pe tiristor (cca 1 V). Pentru diminuarea puterii disipate pe joncţiunea de comandă se preferă *c.pe g. cu impulsuri*, (fig. 53), care permite separarea galvanică a sursei

de comandă de circuitele de putere, cu ajutorul *transformatoarelor de impulsuri*, putîndu-se utiliza la comanda mai multor ventile. Rezistenţa internă a sursei de comandă se raportează la circuitul de grilă, din secundarul

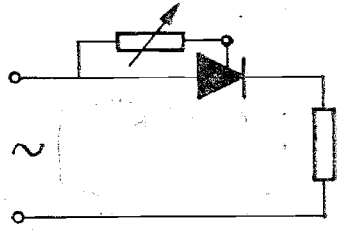


Fig. 52

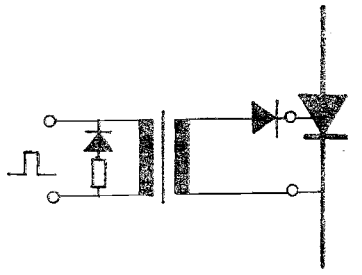


Fig. 53

transformatorului cu relaţia $R' = R_1(N_2/N_1)^2$. La acest tip de comandă se lucrează cu puteri de comandă reduse, iar pentru obţinerea unor timpi reduşi de intrare în conducţie la mutatoarele rapide, se utilizează impulsuri de amplitudine mare şi pantă abruptă. Dacă sarcina tiristorului este puternic inductivă, creşterea curentului în tiristor este întîrziată şi sînt necesare impulsuri de comandă de durată mai mare decît timpul necesar atingerii curentului de menţinere, sau trenuri de impulsuri. Modificarea unghiului de conducţie a tiristorului, pentru reglarea tensiunii la redresoare sau contactoare statice de curent alternativ se face prin defazarea impulsului de comandă faţă de tensiunea anodică *(comandă de fază)*. Sistemul de *c.pe g. impuls-fază* (fig. 54) cuprinde: un *bloc de sincronizare, BS*, care sincronizează semnalele de comandă cu frecvenţa şi faza tensiunii de alimentare; un bloc de defazare, *DF*, format dintr-un generator de tensiune liniar variabilă (în dinţi de ferăstrău), tensiune ce se compară cu o tensiune de comandă de referinţă u_c, rezultînd un şir de semnale dreptunghiulare defazate faţă de tensiunea de alimentare; un formator de impulsuri, *FI*; un amplificator, *AI*, şi un transformator de impulsuri *TI*. Forma impulsului depinde de caracterul sarcinii; durata frontului de creştere trebuie să fie sub 5 μs (1 μs la tiristoare legate în serie sau paralel). Comanda de fază se poate obţine simplu de la o → *punte defazoare*.

compensare, anularea sau reducerea tensiunii aplicate unui circuit cu ajutorul unei tensiuni electromotoare sau a unei căderi de tensiune suplimentare, egale şi de semn contrar, în scopul măsurării cu mare precizie (de ex., 0,02 %), cu indicator de nul, fără consum de energie din partea circuitului de măsurat, a tensiunilor şi curenţilor (metoda compensaţiei → *compensator*). Se aplică şi la măsurarea forţelor sau cuplului de forţe.

compensare a puterii reactive, anularea sau reducerea puterii reactive absorbite de un receptor sau consumator de la reţea printr-o putere reactivă de semn contrar (de ex., puterea reactivă inductivă se compensează cu putere reactivă capacitivă, → *factor de putere*).

compensare a reacţiei indusului, reducere a fluxului de reacţie a indusului la maşinile electrice cu colector prin cîmpul magnetic produs de o înfăşurare *(de compensaţie)* parcursă de curentul de sarcină şi amplasată pe inductor, cu scopul ameliorării comutaţiei, menţinerii constante a fluxului inductor sau măririi factorului de

putere (la mașinile de curent alternativ cu colector).

compensator, aparat de măsură bazat pe metoda compensației, destinat măsurării cu precizie ridicată a curenților, tensiunilor, rezistențelor, puterilor. Se utilizează frecvent la etalonarea instrumentelor de măsură. *C. de măsurare a tensiunii continue*, după metoda compensației prin opoziție simplă (metoda Poggendorf), are un → *element normal*, o rezistență de precizie și un galvanometru (fig. 55). Căderea de tensiune U_c produsă de curentul dat de elementul normal se compară cu tensiunea de măsurat U_x. Cînd aceste tensiuni sînt egale, acul galvanometrului indică zero. Precizia metodei depinde de precizia elementului normal și a divizorului de tensiune rezistiv. *C. de curent* (fig. 56) compară căderea de tensiune U_c produsă de un curent auxiliar I_c, măsurat cu precizie mare, cu căderea de tensiune U_v produsă de curentul de măsurat I_x. *C. de curent alternativ* și *c. de tensiune alternativă* se folosesc, de regulă, la verificarea transformatoarelor de măsură de curent și de tensiune. *C. automat (potențiometrul)*, utilizat de ex., la măsurarea temperaturii cu termocuplul,

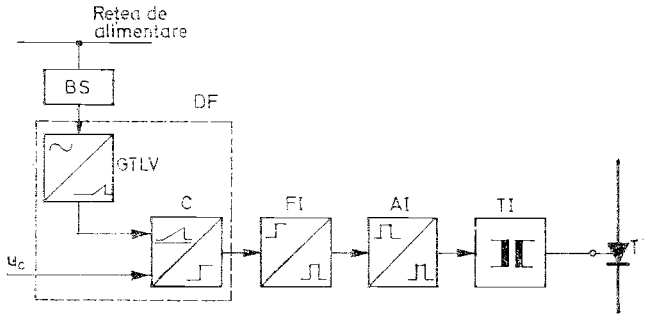


Fig. 54

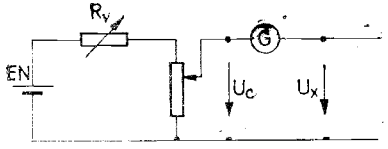


Fig. 55

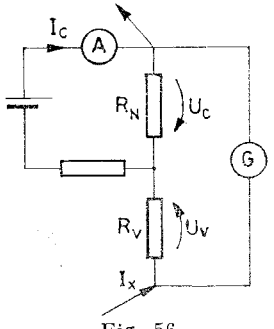


Fig. 56

realizează egalizarea tensiunilor de comparat cu ajutorul unui servomotor, comandat printr-un amplificator de diferența acestor tensiuni. Poziția cursorului reostatului este o măsură a tensiunii produse de termoelement și, de regulă, se înregistrează *(potențiometru înregistrator)*.

compensator cu contragreutate, dispozitiv utilizat în instalațiile de tracțiune electrică, pentru compensarea variației

lungimii liniei de contact, produse de temperatură, într-o zonă de ancorare. Dacă se compensează numai firul de contact, suspensia este *semicompensată*, iar dacă se compensează și cablul purtător, suspensia este *compensată*. Compensarea este necesară la viteze mari, pentru menținerea constantă a înălțimii firului de contact față de calea de rulare și a elasticității suspensiei, pentru a avea o captare fără scîntei sau arc electric.

compensator de fază, mașină electrică rotativă trifazată cu colector, avînd circuitul rotoric conectat prin perii la inelele unui motor asincron cu rotor bobinat (de putere mare), cu scopul îmbunătățirii factorului de putere. Puterea reactivă este furnizată motorului la frecvența de alunecare $f_2 = sf_1$, fiind considerabil mai mică decît cea necesară la frecvența rețelei de alimentare. Cel mai răspîndit este *compensatorul cu excitație proprie* (Leblanc), care constă dintr-un rotor cu înfășurare de curent continuu, cu colector și trei perii, fără stator (sau cu stator fără înfășurare, menit doar închiderii cîmpului magnetic), antrenat de un motor auxiliar (fig. 57)

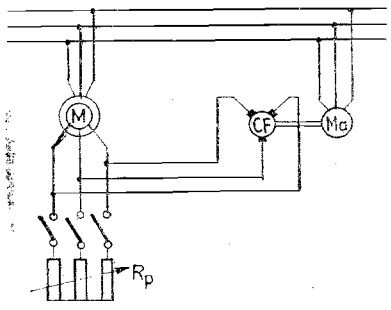


Fig. 57

sau de motorul principal, printr-o transmisie. Curenții rotorici ai motorului asincron produc în înfășurarea e.de f. (cu p_c perechi de poli) un cîmp magnetic învîrtitor cu turația $n_{sc} = 60\, sf_1/p_c$. Prin antrenarea rotorului compensatorului, în sensul cîmpului învîrtitor, cu turația n_c, în înfășurarea acestuia se induc tensiuni electromotoare de frecvență sf_1, independente de n_c, dar proporționale cu $n_c - n_{sc}$. La turații suprasincrone, $n_c > n_{sc}$, tensiunile induse sînt defazate cu $\pi/2$ înaintea curentului și produc îmbunătățirea factorului de putere al motorului (e.de f. se comportă ca un condensator, furnizînd putere reactivă rotorului motorului asincron). La sincronism, e.de f. se comportă ca o rezistență, iar la turații subsincrone, ca o bobină.

compensator sincron, motor sincron supraexcitat, destinat să funcționeze fără sarcină mecanică (în gol), pentru producerea energiei reactive necesare îmbunătățirii factorului de putere la consumator. Datorită costului mai ridicat decît al condensatoarelor și întreținerii pretențioase, c.s. se construiesc numai pentru puteri mari (peste 10 MVA). Față de condensatoare, c.s. au avantajul reglării continue a puterii reactive prin curentul de excitație. În regim subexcitat, c.s. funcționează cu factor de putere inductiv și poate compensa puterea reactivă capacitivă a liniilor de înaltă tensiune neîncărcate. Se amplasează de regulă în stațiile de transformare pentru reglarea tensiunii, fiind conectat direct la barele de 6 kV *(→ mașina sincronă)*.

componentă, mărime scalară sau vectorială care face parte dintr-un sistem de mărimi de aceeași natură. Curentul alternativ sinusoidal se poate descompune într-o *c. activă* (wattată), $I_a = I\cos\varphi$, în fază cu tensiunea, care determină puterea activă și într-o *c. reactivă* (dewattată), $I_r = I\sin\varphi$, defazată cu $\frac{\pi}{2}$ față de tensiune, care determină puterea reactivă (φ este unghiul de defazaj dintre curent și tensiune). În teoria celor două axe ale mașinii sincrone (Park), curentul se descompune într-o

c. longitudinală, $I_d = I \sin \varphi$, care produce o reacție longitudinală și într-o *c. transversală*, $I_q = I \cos \varphi$, care produce o reacție a indusului transversală (φ este unghiul de defazaj dintre curent și tensiunea electromotoare indusă de fluxul inductor) *(→ componente simetrice)*.

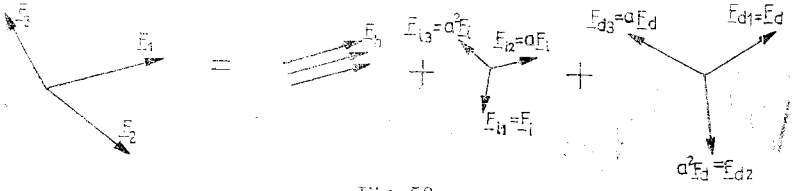


Fig. 58

componente simetrice, fiecare din sistemele trifazate (polifazate) simetrice de tensiuni sau curenți în care se poate descompune un sistem trifazat (polifazat) nesimetric, în scopul studierii comportării acestuia prin tratare monofazată (calculul mărimilor pentru o singură fază). Un sistem trifazat nesimetric, caracterizat pe cele trei faze de fazorii $\underline{F}_1, \underline{F}_2, \underline{F}_3$ (tensiuni sau curenți) se poate descompune în mod univoc (fig. 58) în trei sisteme simetrice: *direct* (de aceeași succesiune a fazelor ca și sistemul inițial); *indirect* (de succesiune inversă); *omopolar* (cu mărimile sinfazice): $\underline{F}_1 = \underline{F}_d + \underline{F}_i + \underline{F}_0$; $\underline{F}_2 = a^2\underline{F}_d + a\underline{F}_i + \underline{F}_0$; $\underline{F}_3 = a\underline{F}_d + a^2\underline{F}_i + \underline{F}_0$ (teorema Stokvis-Fortescue, fig. 58) a fiind operatorul de rotire cu 120°, $a = e^{j\frac{2\pi}{3}}$. C.s. $\underline{F}_d$, $\underline{F}_i$ și $\underline{F}_0$ se determină cu relațiile: $\underline{F}_d = \frac{1}{3}(\underline{F}_1 + a\underline{F}_2 + a^2\underline{F}_3)$; $\underline{F}_i = \frac{1}{3}(\underline{F}_1 + a^2\underline{F}_2 + a\underline{F}_3)$; $\underline{F}_0 = \frac{1}{3}(\underline{F}_1 + \underline{F}_2 + \underline{F}_3)$.

Raportul dintre modulul *c.s inverse* (respectiv omopolare) și modulul *c.s directe*, numit *grad de disimetrie* (respectiv de *asimetrie*), arată cît de nesimetric este un sistem de tensiuni sau de curenți. Practic, se pot considera simetrice sistemele cu $F_i/F_d \leqslant 0{,}05$, respectiv $F_0/F_d \leqslant 0{,}05$. C.s. se utilizează la calculul curenților de scurtcircuit și al căderilor de tensiune în rețelele electrice. În studiul mașinilor electrice, metoda c.s. se aplică (prin suprapunerea efectelor) numai în ipoteza neglijării saturației. Raportul dintre fazorul tensiunii de o anumită succesiune, pe o fază, și fazorul corespunzător al curentului reprezintă impedanța de succesiune dată *(impedanța de succesiune directă, Z_d; impedanța de succesiune inversă, Z_i; impedanța de succesiune omopolară, Z_0)*. Sin. *coordonate simetrice*.

compound. 1. Amestec de substanțe electroizolante utilizate la impregnarea înfășurărilor mașinilor și aparatelor electrice, mufelor de cablu etc. 2. Conexiune mixtă (serie și paralel) la mașini electrice (de evitat).

comutatoare, mașină electrică care convertește energia de curent alternativ în energie de curent continuu sau invers. Statorul mașinii posedă un sistem de poli excitați în curent continuu (identic cu cel al mașinii de curent continuu), iar rotorul, o înfășurare de curent continuu cu colector, și o înfășurare trifazată (monofazată), cu inele (de regulă aceste înfășurări sînt contopite într-o singură înfășurare, la un capăt cu colector, la celălalt, cu inele). Mașina se comportă ca motor sincron și ca generator de curent continuu (dacă se alimentează în curent alternativ, sau ca motor de curent continuu și ca generator sincron (la alimentarea în curent continuu). În prezent se utilizează foarte rar, datorită dezvoltării mutatoarelor cu semiconductoare de putere. Sin. *comutatrice*.

comutator, aparat electric de comutație, utilizat pentru întreruperea curenților de valoare mică sau pentru modificarea conexiunilor circuitelor electrice. *C. cu pîrghie*, monopolar sau multipolar, are contactele fixe în formă de furcă, iar contactele mobile în formă de cuțit. *C.de baterie* modifică numărul de elemente ale unei baterii de acumulatoare, pentru menținerea constantă a tensiunii la descărcare sau la încărcare. *C.de comandă (cheie de comandă)* se utilizează în circuitele secundare, fiind acționate prin apăsare (butoane), prin rotire (c. rotative) sau prin rotire și tragere, și pot fi prevăzute cu semnalizare optică (lămpi de semnalizare încorporate în butonul sau mînerul de acționare). *C. pachet*, monopolar sau multipolar are contactele mobile fixate în jurul unui ax izolant, iar contactele fixe aplicate între plăci izolatoare suprapuse (impachetate). *C. de iluminat* și *c. de utilizări casnice* pot fi rotative sau basculante. *C. stea-triunghi* este folosit la pornirea în stea și, apoi, la conectarea în triunghi a motoarelor asincrone.

comutație, conectare periodică a unui circuit electric pe diferite ramuri de închidere a curentului. La mașinile electrice, c. constă în trecerea unei secții de înfășurare a indusului cu colector dintr-o cale de curent în alta, prin intermediul periilor și este însoțită, de regulă, de scîntei mai mult sau mai puțin intense. C. decurge într-o perioadă de timp $T_k = b_p/v_k$ (b_p — lățimea periei, v_k — viteza la periferia colectorului) în care lamela de colector a secției considerate se află parțial sau total sub perie *(perioadă de c.)*. În acest interval secția care comută este scurtcircuitată de perie, iar curentul ce o parcurge variază de la $i_1 = +i/2a$ la $i_2 = -i/2a$, unde i este curentul total al indusului, iar $2a$ — numărul de căi de curent (ramuri legate în paralel de către perii). La mașinile de curent continuu $i = I$ = const., pe cînd la mașinile de curent alternativ cu colector, i este variabil. În funcție de modul de variație a curentului din secție, c. poate fi *liniară* sau *curbilinie* (grăbită sau întîrziată). Această variație este determinată de tensiunile induse în secție, în perioada de c., de rezistența periei, iar la mașinile mici și de rezistența secției. În secția scurtcircuitată de perii, aflată, de regulă, în axa neutră geometrică a mașinii, se induc, în cazul general, următoarele tensiuni: *a) tensiunea de autoinducție* $u_{eL} = -L\frac{di}{dt}$ (cu valoarea medie pe durata c. $U_{eLmed} = L\frac{i}{aT_c}$; i/a — valoarea momentană a curentului prin perie; L — inductivitatea secției), produsă de variația curentului în secție de la $+i/2a$ la $-i/2a$. La mașinile de curent continuu U_{eLmed} este constantă, fiind proporțională cu turația și curentul din indus, iar la mașinile de curent alternativ este sinusoidală, fiind în fază (sau în opoziție de fază) cu intensitatea curentului indusului. Practic, $U_{eLmed} = 5 \ldots 12$ V; *b) tensiunea indusă prin rotație* (de inducția magnetică B_c existentă în dreptul conductoarelor secției care comută) $u_{ec} = 2B_c l_i v_r N_s$ (l_i — lungimea activă a conductorului; v_r — viteza la periferia rotorului; N_s — numărul de spire al secției). Cîmpul B_c poate fi produs de polii auxiliari (dacă există), de reacția indusului sau de polii principali, în cazul decalării periilor din axa neutră. La mașinile de curent alternativ u_{ec} este, de asemenea, în fază (sau în opoziție de fază) cu curentul din indus; *c) tensiunea electromotoare transformatorică* (indusă prin variația fluxului inductor) $u_{et} = -N_s\frac{d\Phi}{dt}$ (Φ — valoarea momen-

tană a fluxului) apare la mașinile de curent alternativ cu colector și la motoarele de curent continuu alimentate de la redresoare. La o variație sinusoidală a fluxului u_{et} este defazat cu $\pi/2$ față de flux (la mașinile cu

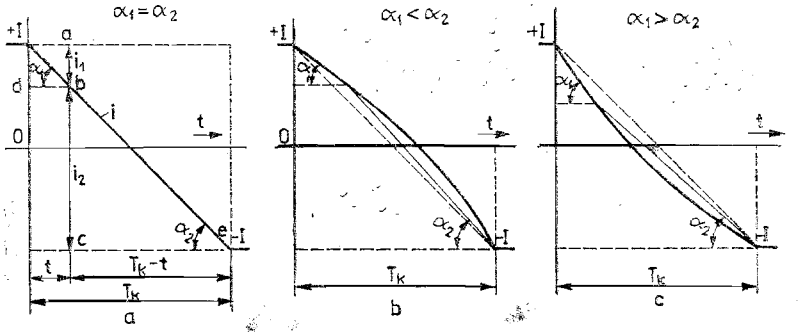
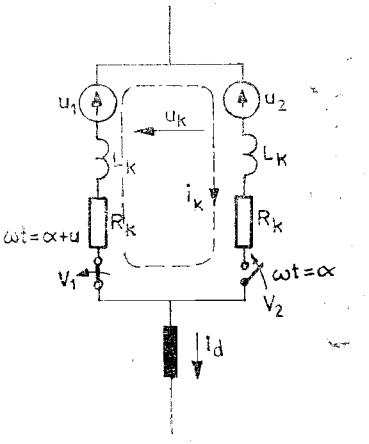


Fig. 59

excitație în serie, față de curent). Valoarea efectivă a tensiunii electromotoare transformatorice la mașinile de curent alternativ cu colector este de 3...12 V. Suma tensiunilor electromotoare induse în secția care comută se numește *tensiune de scînteiere* (în curent alternativ suma se face fazorial): $\underline{U}_{es} = \underline{U}_{eL} + \underline{U}_{ec} + \underline{U}_{et}$. Dacă tensiunea de scînteiere este egală cu zero, c. decurge fără scîntei la perii. La mașina de curent continuu $U_{et}=0$; pentru $U_{eL}=U_{ec}$ c. este lineară (ideală, fig. 59, *a*); dacă $U_{eL}>U_{ec}$, c. este întîrziată (fig. 59, *b*); dacă $U_{eL}<U_{ec}$, c. este grăbită (fig. 59,*c*). La *c. lineară* densitatea de curent sub perii este constantă pe toată durata c. și nu apar scîntei la colector; la *c. întîrziată* densitatea de curent are valori mari la sfîrșitul perioadei de c. și apar scîntei la muchia de ieșire a periei; la *c. grăbită* scînteile apar la muchia de intrare a periei, ca urmare a densității mari de curent la începutul perioadei de c. Scînteile sînt dăunătoare deoarece produc supraîncălziri locale, deteriorează suprafața colectorului, măresc uzura periilor, iar în cazuri extreme determină apariția cercului de foc la colector *(foc circular)*. Practic, pentru tensiunea de scînteiere se admit valori de 2...3 V la mașini de curent continuu, 1,5...2 V la mașini de curent alternativ (în cazul folosirii unor perii speciale, 2...2,5 V, iar la pornire, 3...3,7 V). C. mașinilor de curent alternativ cu colector este mai dificilă decît a mașinilor de curent continuu, deoarece tensiunea electromotoare transformatorică, independentă de valoarea turației și defazată față de curent, nu se poate compensa cu tensiunea de rotație a polilor auxiliari decît pentru o anumită sarcină și o anumită turație, chiar recurgîndu-se la măsuri speciale (șuntarea polilor de c.). La motoarele de tracțiune alimentate de la redresoare monofazate, micșorarea pulsației fluxului de excitație se obține prin șuntarea înfășurării de excitație (serie) cu o rezistență care să conducă cea mai mare parte a armonicilor superioare din curentul motorului, acestea fiind deviate din înfășurare, datorită reactanței mari a acesteia la frecvențele armonicilor. Ameliorarea c. motoarelor de tracțiune serie cu colector, monofazate, utilizate multă vreme pe unele locomotive de curent alternativ s-a obținut prin reducerea

frecvenței tensiunii de alimentare la 50/3 = 16 2/3 Hz, micșorîndu-se astfel valoarea tensiunii electromotoare transformatorice, proporționale cu frecvența. La mutatoare, c. reprezintă trecerea curentului de pe un



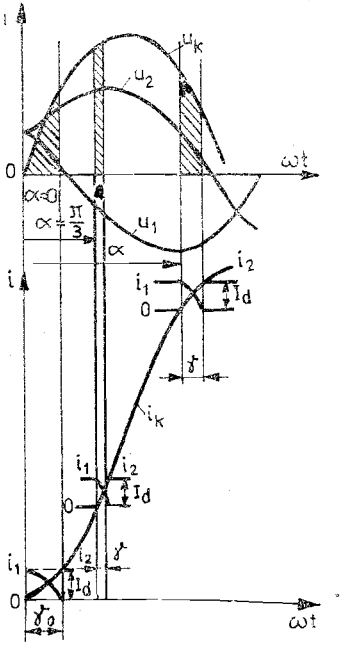


Fig. 60

ventil pe altul, cu schimbarea corespunzătoare a circuitului de închidere (faza transformatorului sau a rețelei de alimentare). Din cauza inductivității din circuit, care se opune oricărei variații rapide a curentului ce o străbate, curentul prin ventilul ce se blochează nu scade brusc la zero, iar cel al ventilului ce intră în conducție nu crește brusc, astfel încît există un interval de timp, numit perioadă de c. sau perioadă de suprapuuere anodică, în care ventilele conduc simultan. În această perioadă cele două faze ale transformatorului conectate la ventilele care comută sînt puse în scurtcircuit. Curentul de scurtcircuit este produs de diferența tensiunilor de fază $u_k = u_2 - u_1$ (fig. 60) și este determinat de rezistența înfășurărilor și a ventilelor R_k, dar, mai ales la puteri mari la care acestea sînt neglijabile, de reactanța de scăpări a transformatorului $X_k = \omega L_k$. Curentul de scurtcircuit nu ia încă valori mari, din cauza timpului scurt de comutație; el se scade din curentul ventilului ce se va bloca i_1 și se adună la curentul ventilului ce intră în conducție i_2. În ipoteza unui curent redresat perfect netezit ($L \approx \infty$), $I_d = i_1 + i_2 = \text{const}$ (fig. 61). Perioadei

de c, T_k, îi corespunde unghiul de c. (unghiul de suprapunere anodică) γ, care pentru o anumită valoare a reactanței de scăpări a transformatorului este determinat de curentul de sarcină, iar la mutatoare comandate

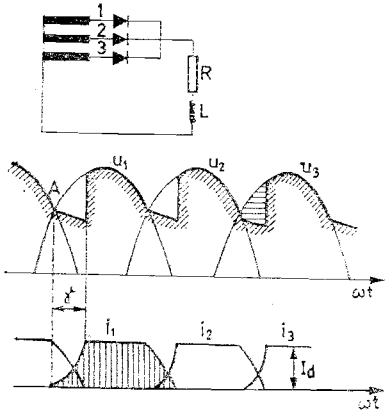


Fig. 61

și de unghiul de comandă α (fig. 60, b). Unghiul de c. determină o scădere a tensiunii medii redresate, în sarcină, cu valoarea corespunzătoare suprafeței haşurate (fig. 61), deoarece în perioada de c. tensiunea la bornele redresorului este egală cu valoarea medie a tensiunii celor două faze, puse în paralel de către ventilele aflate în c.: $u_d = \frac{1}{2}(u_1+u_2)$. La mutatoarele comandabile, cu tiristoare, unghiul de c. influențează valoarea unghiului de stingere, necesar recăpătării proprietăților de comandă, care evită → *basculareа* mutatorului. La unghi de comandă $\alpha = 0$, unghiul de c. are valoarea $\gamma_0 = \arccos[1-I_d/(\sqrt{2}I_k)]$, cu $I_k = U_k/(2\omega L_k)$, unde U_k este tensiunea de c. După felul tensiunii de c. mutatoarele pot avea c. *naturală* (mutatoare cu c. de la rețea), *c. de la sarcină* (tensiunea alternativă de c. se ia de la sarcina mutatorului) și *c. forțată* (tensiunea de c. se ia de la un circuit de stingere, de regulă cu condensator de c.).

condensator, dispozitiv format din două conductoare (armături) izolate printr-un dielectric (incorect *capacitate*). Prin aplicarea unei tensiuni la bornele c., pe armăturile acestuia apar sarcini electrice egale și de semn contrar — *încărcarea* c. *Descărcarea* c. constă în neutralizarea sarcinii acumulate pe armături, printr-un circuit electric exterior conectat la bornele c., prin izolantul imperfect dintre armături sau prin străpungerea dielectricului. C. se clasifică: după forma armăturilor: *c. plane*, *c. cilindrice*, *c. sferice*; după natura dielectricului: *c. cu aer*, *c. cu vid*, *c. cu gaz comprimat*; *c. cu ulei*, *c. cu hîrtie* impregnată, *c. cu mică*, *c. cu folii de material plastic* (polistiren); *c. ceramice*, *c. electrolitice*; după utilizare: *c. de forță*, pentru compensarea puterii reactive, pentru înmagazinarea energiei (la sudarea cu energie înmagazinată, la instalațiile de încercări de înaltă tensiune); *c. pentru încălzirea prin pierderi dielectrice*; *c. de filtraj*, pentru separarea componentei continue din tensiunea redresată; *c. de deparazitare*, pentru eliminarea paraziților radio produși de descărcările de înaltă frecvență date de scînteile diferitelor mașini sau aparate electrice; *c. pentru divizoare de înaltă tensiune*; *c. de protecție la supratensiuni a ventilelor semiconductoare de putere* (diode, tiristoare, triacuri, diacuri); *c. pentru circuite electronice*. Pentru curentul continuu c. prezintă o rezistență practic infinită; prin c. se poate stabili doar un curent tranzitoriu de încărcare sau descărcare. La aplicarea unei tensiuni alternative pe c. se stabilește un regim staționar de încărcări și descărcări succesive, printr-un curent sinusoidal defazat cu $\frac{\pi}{2}$ înaintea tensiunii, de valoare $I = U/X_c$. Mărimea $X_c = 1/(\omega C)$ reprezintă reactanța capacitivă a c., în care $\omega = 2\pi f$ este pulsația tensiunii de alimentare, iar C — capacitatea c. Capacități mari se pot obține prin legarea c. în paralel: $C_e = \sum_{i=1}^{n} C_i$ (fig. 62). La legarea în serie, capacitatea echivalentă C_e este mai mică decît capacitatea fiecărui c.: $1/C_e = \sum_{i=1}^{n} 1/C_i$; tensiunile la bornele c. legate în serie sînt invers proporționale cu capacitățile lor. În regimul tranzitoriu de încărcare a c., care apare la conectarea acestuia la o sursă de tensiune continuă (fig. 63) printr-o rezistență

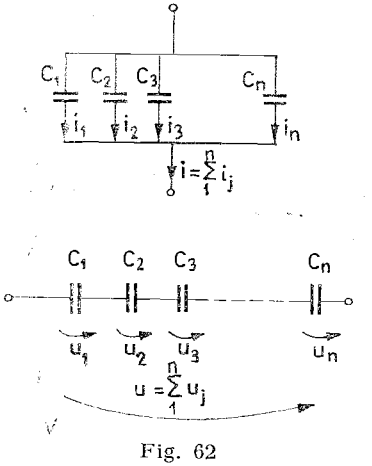


Fig. 62

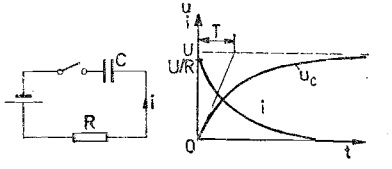


Fig. 63

R, curentul de încărcare are expresia $i = (U/R)\exp(-t/T)$, iar tensiunea la bornele c. este $u_c = U[1-\exp(-t/T)]$,

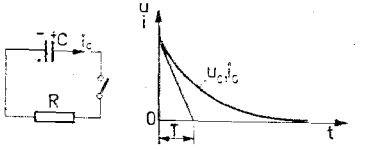


Fig. 64

în care $T = RC$ este *constanta de timp* a circuitului, care arată intervalul de timp în care curentul de încărcare scade la $1/e$ (cca 37%) din valoarea inițială sau în care tensiunea la bornele c. atinge valoarea $(1 - 1/e)$, respectiv 63% din valoarea sa finală. Deoarece circuitele capacitive nu permit ca tensiunea să varieze brusc, grupurile R, C se folosesc pentru protecția tiristoarelor. La descărcarea c. pe o rezistență (fig. 64), curentul de descărcare și tensiunea la borne au expresiile $i = (U/R)\exp(-t/T)$, respectiv $u_c = U\exp(-t/T)$. Forma și dimensiunile c. sînt determinate de tensiunea de lucru (continuă sau alternativă), atît din considerente de izolare, cît și sub aspectul posibilității evacuării căldurii disipate datorită pierderilor de putere activă. Tensiunea de lucru reprezintă 15... ...30% din tensiunea de străpungere a dielectricului. În curent continuu, pierderile din c. sînt neînsemnate, fiind produse doar de curentul de conducție prin rezistența dielectricului; c. de curent continuu au capacități mari la dimensiuni mici. În curent alternativ pierderile se produc și datorită polarizării dielectricului după o curbă de histerezis. Un c. real, cu pierderi, se poate echivala cu un c. ideal, fără pierderi, conectat în paralel cu o rezistență. La c. reale, defazajul dintre tensiune și curent este mai mic decît $\frac{\pi}{2}$ cu un unghi δ, numit unghi de pierderi dielectrice (fig. 65); factorul de pierderi $\mathrm{tg}\delta = P/Q = UI\cos\varphi/(UI\sin\varphi) = \mathrm{ctg}\varphi$, unde P este puterea activă disipată pe c.,

iar Q — puterea sa reactivă. Puterea disipată se poate calcula cu expresia $P = Q \operatorname{tg}\delta = U^2\omega C \operatorname{tg}\delta$, iar la **c.** plane, la care $C = \varepsilon s/l$, $U = El$, $V = sl$, $P = 2\pi f E^2 \varepsilon \operatorname{tg}\delta V$, W. Pe unitatea de

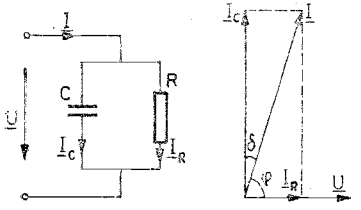


Fig. 65

volum a dielectricului se degajă puterea specifică $p = 2\pi f E^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r \operatorname{tg}\delta$. La frecvențe mari și intensități de cîmp electric în dielectric de valori mari, aceste pierderi pot fi însemnate și se utilizează la → *încălzirea prin pierderi dielectrice*. Factorul $\varepsilon_r \operatorname{tg}\delta$, în care ε_r este permitivitatea relativă, se numește *cifră de pierderi*. Sin. *capacitor*.

conductanță (G), mărime definită, într-un circuit de curent continuu, ca raport între intensitatea curentului i absorbit de un receptor și tensiunea continuă u aplicată la borne, $G = i/u$ (valoarea reciprocă a **c.** este *rezistența*). La o linie electrică, **c.** corespunzătoare rezistenței de izolație se numește *perditanță* și se raportează la unitatea de lungime a liniei. Într-un circuit de curent alternativ sinusoidal **c.** reprezintă partea reală a → *admitanței* unui receptor, $G = Re\{\underline{Y}\} = Y \cos\varphi = R/Z^2 = R/(R^2 + X^2)$, unde φ este argumentul impedanței (defazajul dintre curent și tensiune), Z — impedanța, R — rezistența și X — reactanța receptorului. Unitatea de măsură a **c.** este siemens, S.

conductă electrică, conductor sau ansamblu de conductoare, neizolate, izolate sau cu înveliș de protecție care servește la transportul energiei electrice. *C.e. neizolate* se utilizează la liniile electrice aeriene, la alimentarea receptoarelor cu fir de contact (poduri rulante sau vehicule de tracțiune electrică), la distribuția cu bare protejate sau la instalațiile de legare la pămînt de protecție. *C.e. izolate*, cu izolație de cauciuc, sau, mai recent, din policlorură de vinil, au utilizări foarte diverse (instalații fixe sau mobile, **c.e.** pentru ascensoare, autovehicule, nave, sudare electrică, echipamente electrotermice, telecomunicații, comandă, măsură, semnalizare, control etc.).

conductivitate electrică, σ, mărime fizică ce caracterizează capacitatea unui mediu de a conduce curentul electric. Pentru medii omogene și izotrope **c.e.** este egală cu raportul dintre densitatea de curent, J, și intensitatea cîmpului electric, E : $\sigma = J/E$, relație ce reprezintă forma locală a legii conducției electrice (legea lui Ohm). În medii anizotrope **c.e.** nu mai este o mărime scalară, ci un → *tensor* care depinde de direcția liniilor de curent. **C.e.** variază cu temperatura. Anumite metale și aliaje, la temperaturi apropiate de zero absolut (4...20 K), își pierd brusc orice rezistivitate (valoare inversă **c.e.**) și devin supraconductoare (→ *supraconductivitate*). Cu excepția mediului vid (teoretic ideal), toate substanțele prezintă **c.e.** mai mare sau mai mică : *metale* $-10^6 \ldots 10^6 \Omega^{-1}m^{-1}$; *electroliți* $- 10^2\Omega^{-1}m^{-1}$; *semiconductoare* $- 10^{-8} \ldots 10^4\Omega^{-1}m^{-1}$; *dielectrici* $- 10^{-13} \ldots 10^{-8}\Omega^{-1}m^{-1}$. **C.e.** diferită a corpurilor solide se explică prin teoria benzilor de energie din mecanica cuantică (→ *conducție electrică*).

conductivitate termică, λ, mărime fizică ce caracterizează capacitatea unui mediu de a transmite căldura, definită de relația $\bar{q} = -\lambda \operatorname{grad}\vartheta$, care reprezintă forma locală a legii conducției termice (legea lui Fourier) ; $\bar{q}$ — densitatea fluxului de căldură transmisă prin conducție, W/m² ; ϑ — temperatura, K ; λ — **c.t.**, măsurată în $W\,m^{-1}K^{-1}$. **C.t.** are valori mari la *metale* (argint — 418 W/m grd; cupru — 384 W/m grd; oțel — 12... ...46 W/m grd) și valori reduse la *materiale refractare* (0,58...4,65 W/m grd) și *materiale termoizolante* (0,04... ...0,38 W/m grd). În metale atît conducția electrică cît și conducția termică se face pe seama electronilor liberi. Acumulînd în porțiunea mai caldă a corpului o energie cinetică suplimentară, electronii mobili transportă relativ repede această cantitate de energie în porțiunile învecinate ale corpului, accelerînd procesul de conducție termică, care la materialele neconductoare se face numai prin ciocnirea atomilor. La o anumită temperatură, raportul dintre **c.t.** și conductivitatea electrică a metalelor pure este constant (Franz-Wiedemann).

conductor 1. Material capabil să conducă curentul electric. **2.** Corp utilizat la realizarea legăturii electrice în circuite pentru transmiterea energiei sau a informației. Cele mai răspîndite **c.** sînt confecționate din *cupru* (sau aliaje de cupru), *aluminiu* și *oțel*. În instalațiile electrice se folosește aluminiul, cu excepția unor cazuri speciale (iluminat de siguranță, circuite secundare, fire de contact, **c.** de curenți mari, de ex. la cuptoare electrice, în medii corosive sau cu pericol de explozie etc.). *C. de legare la pămînt*, **c.** de legătură între priza de pămînt și elementele instalației de protecție prin legare la pămînt (centura de pămîntare, carcasele echipamentelor, **c.** de protecție a liniilor electrice aeriene etc.), confecționat din cupru sau oțel. *C. de protecție*, **c.** neizolat instalat pe liniile electrice aeriene de înaltă tensiune și legat la prize de pămînt în dreptul stîlpilor, cu scopul de a proteja linia de supratensiunile atmosferice produse prin lovituri de trăsnet directe sau din apropiere. *C. neutru*, **c.** al unui circuit electric trifazat (polifazat) conectat la punctul neutru al transformatoarelor sau generatoarelor, care servește la închiderea curentului de dezechilibrare a fazelor. *C. de nul*, **c.** neutru *legat la pămînt*, utilizat la protecția prin legare la nul. Pe *c. de nul* de protecție nu se admite instalarea de întreruptoare automate sau siguranțe fuzibile, pentru a se asigura continuitatea legării la pămînt și în caz de deranjamente.

conductor blanc, conductor neizolat.

conducție electrică, trecere a curentului electric prin corpuri ca urmare a deplasării purtătorilor de sarcină electrică (electroni, ioni) față de mediul considerat. Dacă purtătorii de sarcină se deplasează odată cu mediul (corpuri conductoare în mișcare), fenomenul se numește *convecție electrică*. **C.e.** în corpuri solide cristalizate se explică prin *teoria benzilor de energie*. Spre deosebire de cazul unui atom izolat, la care electronii pot avea anumite niveluri de energie, în cristal formate, de ex., din n atomi, aceste niveluri se despică, formîndu-se benzi de energie, care se lărgesc și se pot întrepătrunde pe măsură ce distanța x dintre atomi scade (fig. 66), în conformitate cu principiul de excluziune al lui Pauli, care arată că într-o stare energetică dată se pot găsi cel mult doi electroni. Aceste benzi de energie se numesc *benzi permise*, iar zonele dintre ele, *benzi interzise*, deoarece electronii nu pot avea energii cuprinse în aceste zone. Conform statisticii Fermi-Dirac, la temperaturi joase electronii ocupă numai zonele situate sub nivelul limită Fermi E_F. Dacă acest nivel se află în interiorul unei benzi permise, zona de deasupra lui E_F, numită *bandă de conducție*, poate fi ușor ocupată de electroni la apariția unui cîmp electric, iar corpul este *conductor*. Zona de sub nivelul limită E_F se numește *bandă de valență*. Dacă banda de conducție este separată de banda de valență printr-o bandă interzisă îngustă, este suficient un aport mic de energie (obținut prin încălzire sau prin iluminarea materialului), pentru ca electronii să treacă din banda de valență în banda de conducție. Materialul este → *semicon-*

ductor (intrinsec), respectiv *fotoconductor* (cu efect fotoelectric intern). Dacă banda interzisă în care se află nivelul limită E_F nu este suficient de îngustă, dar conține unele niveluri de energie permise (niveluri adiționale)

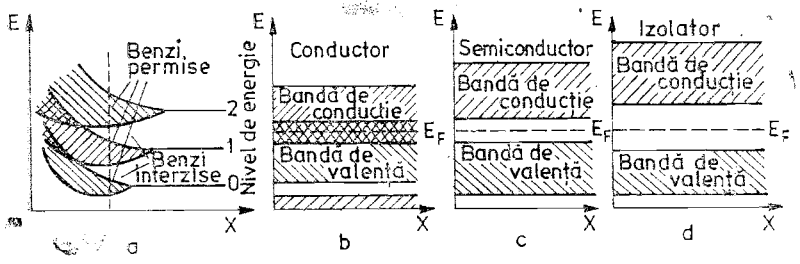


Fig. 66

datorită prezenței unor impurități în cristale, semiconductoarele se numesc *extrinseci*. Dacă banda de conducție este despărțită de banda de valență printr-o zonă interzisă așa de largă, încît numai energii exagerat de mari sînt capabile să treacă electronii în banda de conducție (străpungerea), corpul este *izolator* (fig. 66, d).

conectare, operație de legare a unui receptor sau a unei surse la o rețea electrică, de regulă prin închiderea unui aparat de **c.** Elementele de circuit (→ *circuit electric*), se pot conecta în serie, paralel, mixt, iar cele trifazate în stea, triunghi, zig-zag (→*conexiuni*).

conector, piesă cu unul sau mai multe contacte cu ajutorul căreia se realizează o legătură electrică dezmembrabilă (de ex., banana, fișa, cuple mamă și tată pentru legarea plăcilor cu circuite electronice imprimate în sertare, cuploare pentru legarea circuitelor electrice dintre două vehicule cuplate mecanic etc.).

conexiune, mod de legare a celor *m* faze ale unui circuit polifazat, care permite reducerea numărului de conducte de la 2 *m* (necesare la sistemul cu fazele independente), la *m* sau *m* + 1. *C. în stea* (fig. 67) are sfîrșiturile fazelor legate într-un punct comun *(punct neutru)*, iar conectarea la rețea se face pe la începuturile fazelor (cu conducte de linie), uneori și la punctul neutru (cu conductor neutru). Tensiunile U_1, U_2, U_3 între conductele de linie și punctul neutru se numesc *tensiuni de fază*, iar tensiunile U_{12}, U_{23}, U_{31} între conductele de linie se numesc *tensiuni de linie* ($\underline{U}_{ik} = \underline{U}_i - \underline{U}_k$). La sistemele simetrice, tensiunile de fază, respectiv de linie, sînt egale și defazate între ele cu $2\pi/3$ ($U_l = \sqrt{3}U_f$). Curenții din fazele generatorului sau receptorului se numesc *curenți de fază*, iar curenții din conductele de linie, *curenți de linie*. La **c.** în stea, curenții de fază sînt aceeași cu cei de linie. La sistemele cu conductor neutru, $\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = \underline{I}_0$. La sistemul echilibrat, curenții de linie sînt egali și defazați cu $2\pi/3$, iar în conductorul neutru curentul este egal cu zero ($I_0 = 0$), motiv pentru care receptoarele simetrice pot fi alimentate fără conductor neutru. *C. în triunghi* (la sistemele polifazate cu $m > 3$, *c. în poligon*), are sfîrșitul unei faze legat la începutul fazei următoare și la rețea (fig. 67, b). Acest tip de conexiune formează un circuit închis și nu se utilizează la generatoare deoarece pot apărea curenți de circulație ai armonicilor multiplu de trei, care

sînt în fază. Tensiunile la bornele fazelor (tensiunile de fază) sînt egale cu tensiunile între conductele de linie (tensiunile de linie). Între curenții de fază și cei de linie există relația $\underline{I}_i = \underline{I}_{ij} - \underline{I}_{ki}$. La sistemele echilibrate,

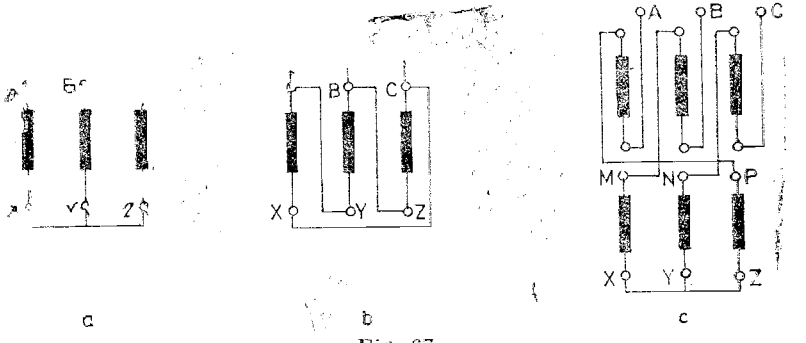


Fig. 67

curenții de fază, respectiv de linie sînt egali și defazați cu $2\pi/3$, iar $I_l = \sqrt{3}I_f$. *C. în zig-zag* (fig. 67, c), este o **c.** în stea specială, utilizată în secundarele unor transformatoare cu sarcini nesimetrice, la care înfășurarea fiecărei faze este divizată în două jumătăți așezate pe coloane diferite. La puteri și tensiuni egale, această **c.** necesită cu 15 % mai mult cupru (aluminiu) decît **c.** în stea. Simbolizarea **c.**: Y — stea; D — triunghi; Z — zig-zag; Y_0, Z_0 — cu conductor neutru.

conjunctor — disjunctor, aparat electric utilizat la conectarea și deconectarea acumulatorului la generatorul de curent continuu (dinamul) de pe autovehicule, care evită descărcarea acestuia pe rezistența indusului la scăderea tensiunii la bornele generatorului ca urmare a scăderii turației motorului termic. Are utilizări reduse din cauza introducerii redresoarelor cu siliciu la încărcarea acumulatoarelor.

conservator de ulei, recipient de formă cilindrică, cu axa orizontală, utilizat la transformatoarele în ulei cu puteri mai mari de 75 kVA, pentru preluarea variațiilor volumului uleiului produse de dilatare. Volumul **c. de u.** este de 8...10 % din volumul cuvei, astfel că se asigură o oxidare minimă a uleiului datorită suprafeței mici de contact cu aerul (cuva este plină cu ulei și la temperatura minimă). Aerul din **c. de u.** comunică cu exteriorul prin intermediul unui filtru de aer cu substanțe deshidratante (clorură de calciu, silicagel). Protecția uleiului contra umidității din aer se poate obține prin utilizarea unei membrane elastice din material plastic, care separă volumul de aer din rezervorul de ulei (fig. 68). Sin. *rezervor de dilatare*.

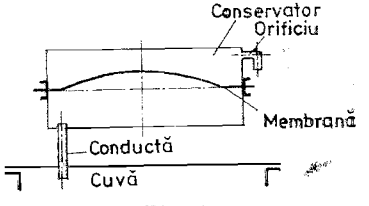


Fig. 68

constantan → **aliaj de mare rezistivitate.**

constantă, mărime fizică a cărei valoare rămîne neschimbată, într-un sistem de unități dat. Principalele **c.**

utilizate în electrotehnică sînt date în tabelul 2.

constantă de propagare, mărime complexă care, împreună cu → *impedanța caracteristică*, caracterizează liniile lungi în regim permanent sinusoidal: liniei distanțate cu 1 km); se măsoară în neperi/km. Partea imaginară, β, a **c.de p.** reprezintă *constanta de fază (de distorsiune)* și exprimă variația fazei undei de tensiune (curent) pe unitatea de lungime, în radiani/km.

Tabelul 2

Principalele constante utilizate în electrotehnică

Simbol	Denumirea	Valoarea
e	Sarcina elementară (sarcina electronului)	$1,60210 \cdot 10^{-19}$C
m_e	masa de repaus a electronului	$9,1091 \cdot 10^{-31}$kg
ε_0	permitivitatea absolută a vidului	$1/(4\pi \cdot 9 \cdot 10^9) = 8,85419 \cdot 10^{-12}$ F/m
μ_0	permeabilitatea absolută a vidului	$4\pi \cdot 10^{-7} = 1,257 \cdot 10^{-6}$H/m
c	viteza luminii în vid	$2,997925 \cdot 10^8$ m/s
F	constanta lui Faraday	96487 C/echivalent gram
k	constanta lui Boltzmann	$1,3807 \cdot 10^{-23}$ J/K
h	constanta lui Planck	$6,62 \cdot 10^{-34}$Js $= 4,14 \cdot 10^{-15}$ eVs
R	constanta gazelor	8314,4 J/mol K
N	numărul lui Avogadro	$6,02 \cdot 10^{23}$ molecule/mol

$\underline{\gamma} = \sqrt{\underline{Z}\,\underline{Y}} = \sqrt{(R + j\omega L)\ (G + j\omega C)} = \alpha + j\beta$, unde $\underline{Z}$, $\underline{Y}$, R, L, G, C sînt impedanța, admitanța, rezistența, inductivitatea, conductanța de izolație și capacitatea raportate la unitatea de lungime a liniei (mărimi lineice). Partea reală a **c.de p.**, α, reprezintă *constanta de atenuare* și exprimă variația amplitudinii tensiunii sau curentului pe unitatea de lungime (logaritmul natural al raportului dintre două valori ale amplitudinii tensiunii, respectiv ale curentului din două puncte ale

constantă de timp (T), interval de timp după care o mărime variabilă descrisă de o lege exponențială își modifică valoarea de $e = 2,718281$ ori. Dacă V_0 este valoarea inițială, valoarea momentană a mărimii la timpul t este $V = V_0 \exp(-t/T)$. **C.de t.** caracterizează procesele tranzitorii electromagnetice în circuitele electrice, electromecanice, în acționările electrice și termice, la încălzirea și răcirea mașinilor și aparatelor electrice. La variații exponențiale, regimul staționar se

stabilește după un timp teoretic infinit, practic însă, se poate considera că valoarea finală s-a obținut după 3...4 **c.de t.** *C.de t. electromagnetică* a unui circuit inductiv sau a unei înfășurări este $T = L/R$, L fiind inductivitatea și R rezistența circuitului; la un circuit capacitiv, $T = RC$. *C.de t. electromecanică* a unei acționări electrice este $T = J\Omega_0/M_{st}$, unde J este momentul de inerție al acționării, Ω_0 — viteza unghiulară ideală de mers în gol, M_{st} — cuplul staționar (la acționări cu mașini de curent continuu, $T = JR_a/c^2$, R_a — rezistența înfășurării indusului, $c = k\Phi$ — constanta motorului). *C.de t. termică* la încălzirea unei mașini electrice, considerată ca un corp omogen este $T = C/A$, unde C — capacitatea termică a motorului, care arată cantitatea de căldură ce poate fi înmagazinată de motor la ridicarea temperaturii acestuia cu un grad, în J/grd, A — coeficientul de cedare a căldurii, în W/grd. În funcție de puterea și forma constructivă, aceste constante variază de la zeci de minute la sute de minute (la puteri mari).

constantă dielectrică, permitivitate.

consumator, totalitatea receptoarelor de energie electrică racordate la un punct de alimentare (stație de distribuție, post de transformare, tablou de distribuție etc.). **C.** se caracterizează prin: consumul anual de energie electrică, puterea cerută maximă, durata de utilizare a sarcinii maxime, coeficientul de cerere, gradul necesar de asigurare a continuității, timpul de întrerupere admis etc. După siguranța cerută în alimentarea cu energie, **c.** se împart în 4 categorii. *Categoria zero (specială)* cuprinde receptoare la care întreruperea alimentării poate avea ca urmare producerea de explozii, incendii, avarieri sau distrugeri de utilaje sau punerea în pericol a vieții oamenilor (de ex., furnale, instalații de extracție minicre, pompe de evacuare a apelor subterane, săli de operație etc.). *Categoria I* cuprinde receptoarele a căror întrerupere are ca efect dereglarea proceselor tehnologice în flux continuu sau cauzează producerea de rebuturi importante, deteriorări de scule, pierderi de materii prime sau imposibilitatea recuperării producției nerealizate (de ex., linii tehnologice, tracțiune electrică etc). *Categoria II* înglobează receptoarele a căror întrerupere are ca efect nerealizarea unei producții proporționale cu durata sa, fiind posibilă recuperarea ulterioară, iar *categoria III*, restul receptoarelor (ateliere de reparații și întreținere, depozite etc). După criteriul timpului de întrerupere în care pot apărea efecte dăunătoare, *grupa a* cuprinde receptoarele la care efectele dăunătoare se produc chiar în limitele timpului necesar aparatelor automate din sistemul energetic să restabilească alimentarea: *grupa b* — receptoarele ce pot suporta întreruperi pe durata restabilirii automate a alimentării; *grupa c* — receptoarele la care nu apar alte efecte dăunătoare decît stagnarea. În funcție de puterea absorbită, **c.** se împart în 4 clase care determină și tensiunea recomandată pentru alimentare: *clasa A* — peste 50 MVA (alimentare cu linii de 220 kV sau 400 kV); *clasa B* — 7,5...50 MVA (110 kV sau mai mare); *clasa C* — 2,5...7,5 MVA (20 kV); *clasa D* — sub 2,5 MVA (6 kV sau 10 kV).

contact, piesă conductoare care servește la stabilirea unui → *contact electric*. Se deosebesc: *c. fixe* (cu șuruburi sau nituri, prin lipire sau sudare) și *c. mobile*, de întrerupere sau glisante; *c. punctiforme* (între două sfere, între sferă și plan, între cilindri încrucișați), *c. liniare* (între cilindru și plan, între muchie și plan), *c. de suprafață* (între două plane); *c. frontale* (deplasarea se face perpendicular pe suprafața de **c.**), *c. alunecătoare* (glisante), *c. de rostogolire* (atingerea se face prin rostogolire, locul **c.** staționar nu coincide cu locul **c.** la închiderea sau deschiderea circuitului), *c. de frecare* (închiderea sau deschiderea se

face prin frecare, realizîndu-se o curățire de oxizi a suprafeței de c.). *C. de întrerupere,* utilizate la întreruptoare, separatoare, contactoare, relee, pot avea următoarele forme constructive: *c. frontale* (cap la cap), utilizate pînă la curenți de 2000 A, au forma unor bare metalice masive sau tubulare; *c. tulipă* sînt compuse dintr-o serie de segmente conductoare cu profil trapezoidal sau în formă de Z, presate radial, cu arcuri, de o bară conductoare rotundă, care de obicei este c. mobil; *c. deget,* formate dintr-un cuțit trapezoidal, care intră între două degete fixate cu lame elastice; *c. perie,* formate dintr-un mănunchi de lamele de cupru sau bronz, cu grosime de 0,1...0,5 mm și un cuțit conductor, pe suprafețele căruia are loc contactul, suprafața de c. fiind autocurățită prin frecarea periei; *c. lamelare,* cu cuțit și lamele elastice, sînt utilizate la separatoare, întreruptoare cu pirghie și siguranțe cu mare putere de rupere. La unele aparate de comutație de mare putere se utilizează două c. distincte: *c. de lucru,* care asigură un c. bun, de rezistență mică, folosit numai atunci cînd circuitul este deja închis și *c. de rupere,* care au rolul de a deschide și închide circuitul, după care este șuntat de c. de lucru. C. de rupere sînt rezistente la uzura produsă de acțiunea arcului electric și au o capacitate termică mare. C. de întrerupere pot fi *de curenți slabi* (conectează și deconectează curenți de la cîțiva miliamperi la cîțiva amperi), *de curenți mijlocii* (zeci sau sute de amperi) și *de curenți mari* (mii și zeci de mii de amperi). *Materialele* din care se confecționează c. trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să aibă rezistență mică de c. (conductivitate electrică mare, fără impurități); să fie greu sudabile (temperatură ridicată de topire, conductivitate termică mare); să fie rezistente la uzură și la eroziune prin ardere; să aibă proprietăți chimice bune (să nu formeze oxizi rău conducători, să nu se zgurifice). Deoarece unele din aceste condiții nu sînt compatibile, se recurge adesea la compromisuri. Pentru c. de curenți slabi se utilizează argintul, aurul, platina sau aliajele lor (în curent continuu se evită argintul, din cauza eroziunii produse de arcul electric, prin depunerea materialului de la un c. la celălalt). La c. de curenți mijlocii și mari se folosește argintul, paladiul, cuprul și materialele metaloceramice (c. obținute prin sinterizare, din pulberi metalice). C. sinterizate conțin mai multe componente în scopul obținerii unor proprietăți optime (wolfram, molibden, nichel, carburi, oxizi, grafit — pentru proprietăți mecanice bune, rezistență la ardere și sudabilitate redusă; cupru și argint — pentru conductivități electrice și termice bune). *C. metaloceramice* au duritate mare și rezistență bună la uzură, dar din cauza conductivității electrice relativ mici, se folosesc sub formă de plăcuțe mici, lipite pe suprafețele mari de c. În cazuri speciale se utilizează *c. metalolichide* (unul din c. este solid, iar celălalt, lichid, de ex., mercur).

contact electric, atingere a două sau mai multe conductoare, prin care se permite trecerea curentului electric de conducție de la un conductor la altul. Suprafața de atingere se numește suprafață de contact. Pentru ca → *rezistența de contact* să fie cît mai mică, în scopul evitării încălzirii inadmisibile a contactelor, acestea trebuie apăsate cu o forță suficientă, proporțională cu valoarea curentului. Dacă prin încălzire se atinge temperatura de topire, contactele se pot suda. Sub acțiunea forțelor de apăsare se creează o suprafață reală de contact, prin strivirea materialului. Trecerea curentului prin peliculele subțiri care acoperă suprafața de contact se poate face prin *efect tunel,* iar străpungerea peliculei izolatoare, după aplicarea tensiunii se numește *fenomen fritting.*

contactor, aparat de comutație de joasă tensiune comandat de la distanță, care închide un circuit electric sub acțiunea unei comenzi din afară, menținîndu-i închis numai cît timp se exercită comanda. C. se utilizează la conectări și deconectări frecvente (sute și mii de conectări pe oră). Spre deosebire de întreruptoarele automate, c. nu poate întrerupe curenții de scurtcircuit, dar îi poate conecta și îi poate suporta un timp scurt: curenții maximi ce pot fi întrerupți au valori de 4...6 ori valoarea curentului nominal. Cele mai răspîndite c. sînt cu electromagnet, dar pot fi și cu acționare pneumatică, hidraulică sau mecanică (cu came). C. intră frecvent în schemele de automatizare, de comandă automată a acționărilor electrice, fiind, de regulă, asociate cu relee termice pentru deconectarea circuitului la suprasarcini de durată și cu siguranțe fuzibile, care întrerup curenții de scurtcircuit. În afara contactelor principale — care la c., spre deosebire de → *ruptor,* sînt normal deschise (ND) — c. are și un număr de contacte auxiliare, ND sau normal închise (NI), care permit realizarea unor scheme de comandă complexe, fără relee intermediare. Piesele de contact (contactele) ale c. sînt supuse uzurii și trebuie să fie înlocuite, după cca 300 000 de conectări. Există două tipuri constructive de c. electromagnetice: *cu clapetă,* utilizate în special în curent continuu și *cu armătură,* basculantă sau cu mișcare de translație (fig. 69), utilizate în curent alternativ. C. de curent continuu sînt monopolare sau bipolare, cele de curent alternativ, de regulă, tripolare. Bobinele electromagneților se alimentează în curent continuu sau în curent alternativ; în curent continuu se prevăd *rezistențe economizoare,* care după atragerea armăturii se înseriază cu bobina electromagnetului, pentru micșorarea consumului; curentul absorbit de bobina electromagnetului alimentată în curent alternativ poate scădea de 10...15 ori după ce armătura a fost atrasă, datorită creșterii reactanței ca urmare a scăderii întrefierului. Pentru eliminarea vibrațiilor armăturii c. de curent alternativ, circuitul magnetic este prevăzut cu *spire în scurtcircuit* (→ *spiră ecran*), care asigură o ecranare parțială a polilor. C. de curent alternativ sînt mai rapide

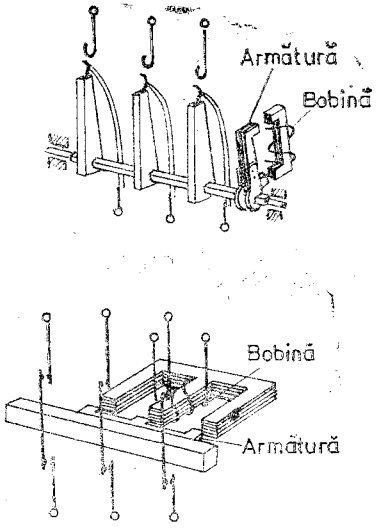


Fig. 69

decît cele de curent continuu datorită creșterii rapide a curentului și fluxului magnetic (timpul de acționare este de 0,05...0,1 s la închidere și de 0,02...0,1 s la deschidere, în funcție de masa echipajului mobil). C. de curent alternativ trebuie să anclanșeze și să rețină armătura fără vibrații la scăderea tensiunii pînă la 0,85 U_n; armătura trebuie să se desprindă la (0,7...0,35) U_n. *C. în ulei* (de ex., cele de tip DITU) nu se mai construiesc, datorită arderii mai pronunțate a contactelor în ulei față de contactele în aer și datorită descompunerii uleiului, în curent continuu. În cazuri speciale (de ex., în atmosferă agresivă) se utilizează *c. în vid.*

contactor statie, aparat de comutație la care închiderea și deschiderea circuitului electric se face fără contacte mecanice *(comutație statică)*, utilizîndu-se în acest scop ventile ionice sau semiconductoare (ignitroane, tiratroane, tiristoare, triacuri). **C.s.** au fiabilitate ridicată, durată de funcționare practic nelimitată, funcționare silențioasă și fără vibrații, durată redusă de comutație (de ordinul μs), putere redusă de comandă, pot deconecta circuitul la trecerea curentului prin zero, evitîndu-se apariția supratensiunilor de comutație la întreruperea sarcinilor inductive, pot asigura frecvențe mari de comutație (în gama de audiofrecvență). Dezavantajele **c.s.** sînt: cost mai ridicat, căderi de tensiune mai mari și tensiuni de lucru limitate, la **c.s.** cu semiconductoare. *C.s. de curent continuu* este un caz particular al variatorului de tensiune **continuă**. *C.s. de curent alternativ* pot funcționa în regim închis-deschis sau în regim de comandă de fază, la care se obțin tensiuni reglabile (variator de tensiune alternativă). *C.s. monofazat* poate fi realizat cu două tiristoare în montaj antiparalel, cu un triac sau cu o punte de diode și un singur tiristor (fig. 70). În sarcină pur rezistivă, curentul are aceeași formă de variație în timp ca și tensiunea, raportul valorilor efective la unghiul de comandă α și unghiul $\alpha = 0$ este

$$\frac{U_\alpha}{U_0} = \frac{I_\alpha}{I_0} = \sqrt{\frac{1}{\pi}\left(\pi - \alpha + \frac{1}{2}\sin 2\alpha\right)}$$

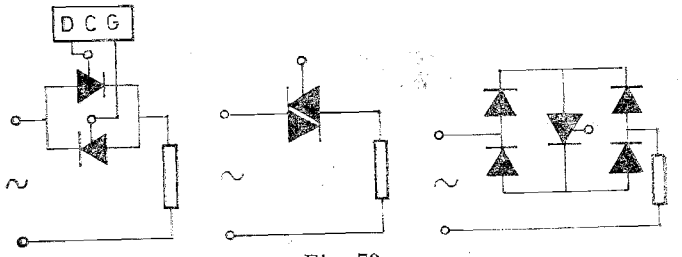


Fig. 70

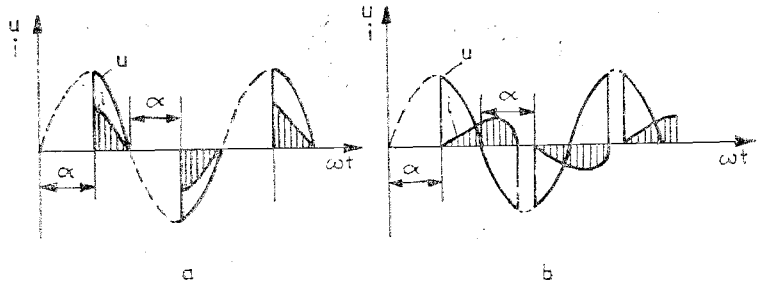


Fig. 71

$0 \leqslant \alpha < \pi$ (fig. 71, a). La sarcină inductivă curentul are expresia $i(\vartheta) =$

$$= \frac{\sqrt{2}\,U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}\left[\sin(\vartheta - \varphi) - \exp\left\{-\frac{R}{\omega L}(\vartheta - \alpha)\right\}\sin(\alpha - \varphi)\right]$$ unde

$\vartheta = \omega t$, $\varphi = \operatorname{arctg}(\omega L/R)$, α — unghiul de comandă (fig. 71, b). *C.s. trifazate* pot fi alcătuite cu cîte două tiristoare pe fază sau cu trei triacuri (fig. 72). La rețelele trifazate fără conductor neutru **c.s.** poate fi format din trei diode și trei tiristoare (fig. 72, c), deoarece atîta timp cît tiristoarele sînt blocate, receptorul nu este alimentat. Dacă punctul neutru al receptorului este accesibil, se poate utiliza **c.s.** din fig. 72, d. **C.s.** *cu triacuri* se utilizează la puteri mici. Deoarece triacul comută fără semnal de comandă cînd valoarea tensiunii anod-catod depășește o anumită limită, se autoprotejează față de supratensiunile din circuitul de sarcină. Dacă închiderea circuitului fără comandă este nedorită, în paralel cu triacul se conectează un circuit *RC*, care limitează și viteza de creștere a tensiunii. *C.s. cu ignitroane* se mai aplică la instalații de puteri și curenți mari, de ex., la mașini de sudat prin rezistență, datorită capacității ventilelor de a suporta supratensiuni mari. Schema unui **c.s.** cu ignitroane este prezentată în fig. 73. Se consideră că circuitul de comandă al ignitronului este închis prin contactul K într-un moment în care faza R are potențial pozitiv față de O. Electrodul de comandă al ignitronului I_1 (polarizat direct) primește tensiune, pozitivă față de catod, prin dioda D_4, contactul K, contactul releului de presiune a apei de răcire RH, fuzibilul S și dioda $D_1 \cdot I_1$ se aprinde

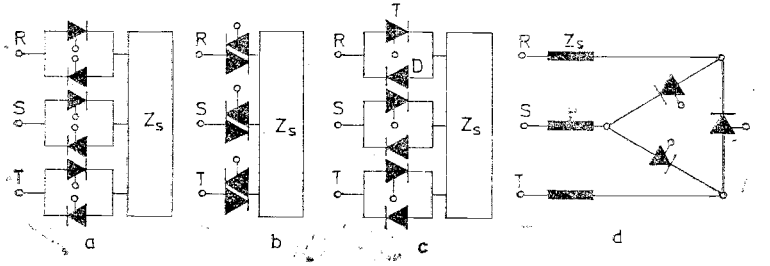


Fig. 72

și aplică tensiunea rețelei primarului transformatorului de sudare. În alternanța următoare I_1 se stinge și intră în conducție I_2, comandat prin D_2, S, RH, K și D_3. După aprindere curentul prin ignitoare scade la o valoare mult mai mică decît valoarea semnalului de aprindere (10...30 A), deoarece între ignitor și catod se aplică numai căderea de tensiune pe I_2, aflat în conducție. Aprinderea succesivă a ignitroanelor are loc atîta timp cît contactul K rămîne închis (și există presiune la apa de răcire); la întreruperea circuitului de comandă I_2 aflat în conducție mai rămîne aprins pînă la anularea naturală a curentului, iar următorul ignitron nu se mai amorsează. La **c.s.** cu comandă de fază, prin reglarea

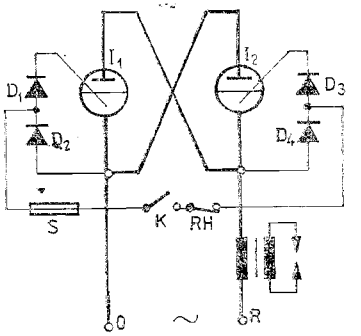


Fig. 73

tensiunii se poate doza precis energia transmisă circuitului de sudare; comanda se dă de către tiratroane, sau mai recent, de tiristoare. C.s. se utilizează la modificarea și reglarea fluxului luminos al lămpilor (eventual

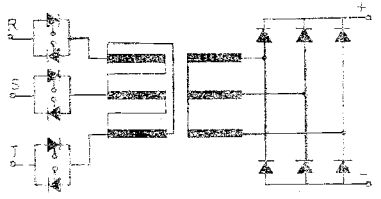


Fig. 74

cu fototiristoare), la reglarea puterii cuptoarelor electrice, instalațiilor electrotermice, la modificarea turației motoarelor asincrone și universale, la reglarea continuă, între trepte, a tensiunii locomotivelor electrice cu redresor, la reglarea tensiunii redresoarelor (necomandate) de curenți sau tensiuni foarte mari (fig. 74). C.s. cu comandă de fază înrăutățesc factorul de putere al receptoarelor, datorită puterii deformante date de armonicile superioare și datorită puterii reactive de comandă (diferită de zero chiar la sarcini pur rezistive).

contactor static de curent continuu → **variator de tensiune continuă.**

contor (electric), aparat integrator de măsurat care servește la determinarea energiei electrice consumate $\left(\int P\,dt\right)$, sau a cantității de electricitate $\left(\int I\,dt\right)$.

C. de energie are indicația dată de un numărător mecanic de rotații *(c. mecanic)*, proporțională cu energia activă, reactivă sau aparentă consumată de receptor. *C. de inducție*, monofazat sau trifazat este cel mai utilizat *c. de curent alternativ*. Se bazează pe interacțiunea dintre un cîmp magnetic învîrtitor și curenții turbionari induși într-un disc conductor. Constă din două circuite magnetice, de curent, C_I și de tensiune, C_U, cu bobinele aferente, un disc de aluminiu și un magnet permanent de frînare, M (fig. 75). Pentru măsurarea energiei active este necesar ca fluxurile celor două bobine, Φ_U și Φ_I să fie defazate cu 90° cînd U și I sînt în fază. Pentru corectarea defazajului dintre tensiune și curentul (fluxul) bobinei de tensiune, de reactanță mare, în general mai mic de 90°, circuitul magnetic C_U este prevăzut cu un șunt magnetic, în scopul măririi reactanței bobinei și cu o spiră în scurtcircuit. Cuplul activ al c. de inducție este $M = k\,\Phi_U\,\Phi_I \sin\widehat{(\Phi_U\,\Phi_I)} = K'UI\cos\varphi$, unde φ este defazajul dintre curent și tensiune. Cuplul de frînare, proporțional cu turația, egalează cuplul activ, iar discul se rotește cu o turație constantă, proporțională cu puterea activă. Numărul de rotații efectuate de disc într-un timp determinat este o măsură a energiei active consumate în timpul considerat, măsurate în kWh. Clasa de precizie a c. de energie (pînă la 0,5), trebuie verificată periodic. Schemele uzuale de montare a c. de energie monofazate și trifazate, cu și fără transformatoare de măsură, sînt prezentate în fig. 76. *C. trifazate* cuprind două sau trei echipaje mobile, cu discuri de aluminiu, fixate pe același ax și un sistem comun de numărare. *C. cu două tarife* are două numărătoare distincte și un dispozitiv de ceasornic, care comută periodic de pe un numărător pe altul (pentru aplicarea unor tarife diferențiate, de ex., tarif de zi și tarif de noapte, mai redus). *C. cu indicarea puterii maxime* permit aplicarea *tarifului binom*, care cuprinde pe lîngă taxa de energie (lei/kWh) și o taxă de putere maximă (lei/kW), în scopul stimulării aplatizării curbei de sarcină. *C. cu impulsuri* se utilizează la telemăsurări. *C. de curent continuu* pot fi: *electrochimice* (energia dată de o sursă de tensiune constantă este proporțională cu cantitatea de electricitate, Ah, măsurată după cantitatea de metal, de regulă mercur, separată prin electroliză *(→ coulombmetru)*; *electrodinamice*, cu

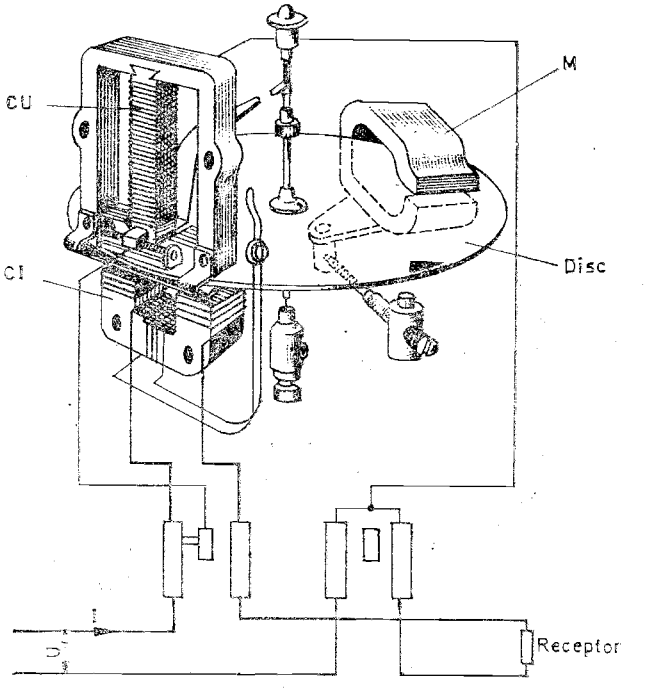


Fig. 75

două bobine, una fixă, de curent și una mobilă, de tensiune, care se poate roti în cîmpul magnetic al bobinei fixe (poate funcționa și în curent alternativ); *magnetoelectrice*, cu magnet permanent; *cu motor electric de curent continuu*, la care curentul de excitație este dat de curentul receptorului, iar curentul indusului, de tensiunea la borne (măsoară energia consumată, chiar la tensiuni variabile).

controler, aparat de comutație care realizează o succesiune de modificări ale conexiunilor unor circuite de pornire, modificare a turației, frînare sau reversare a motoarelor electrice de acționare. C. sînt utilizate frecvent la instalații de ridicat, locomotive electrice etc. *C. cu tambur* are contactele de forma unor segmente circulare, de alamă sau cupru, dispuse pe un cilindru, pe care calcă perii cu contacte de tip deget. *C. cu came* este alcătuit din mai multe contactoare, acționate, prin intermediul unui sistem de pîrghii, de un ax cu came. La rotirea axului, contactele se închid și se deschid într-o ordine determinată. *C. cu program* → *programator.*

conturnare, descărcare electrică la suprafața unui izolator, produsă prin ionizarea termică a aerului din jurul

izolatorului, ca urmare a creșterii intensității cîmpului electric la tensiuni mari *(tensiune de c.)*.

convecție termică → **transmiterea căldurii.**

conversie a energiei, transformare a unei forme de energie în alta. *Conversie electromecanică a energiei,* transformare a energiei electrice în energie mecanică și invers, prin intermediul mașinilor electrice. *Conversie directă a energiei,* producere directă a energiei electrice din altă formă de energie (termică, chimică, luminoasă etc), fără a se trece prin faza de energie mecanică *(→ convertor). Conversie a energiei electrice,* transformare a energiei electrice de anumiți parametri (tensiune, curent, număr de faze, frecvență) în energie de alți parametri. Se realizează cu mașini electrice (**transformatoare,** → *convertizoare rotative*) sau cu → *mutatoare.*

convertizor rotativ, mașină electrică rotativă (de ex., → *comutatoarea*) sau ansamblu de mai multe mașini cuplate mecanic, care realizează conversia energiei electrice. *C.r. de medie frecvență* → *generator de frecvență ridicală. C.r. de sudare* → *sursă de sudare electrică.*

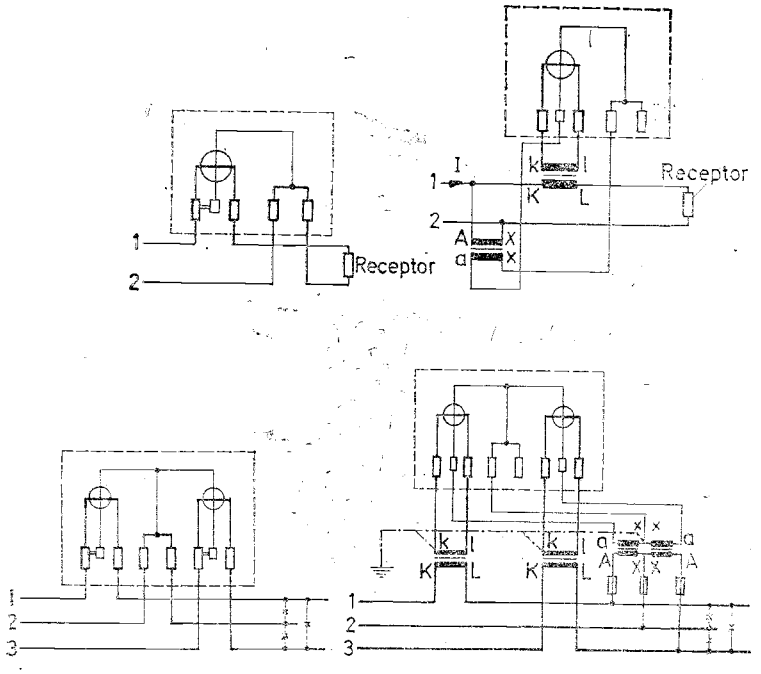


Fig. 76

convertor, instalație care realizează conversia directă a energiei *(→ convertor electroehimic, → convertor fotoelectric, → convertor magnetohidrodinamic, → convertor termoelectric, → convertor termoionic).*

convertor electrochimic, convertor care realizează conversia directă a energiei chimice în energie electrică, prin oxidarea directă a unui combustibil. Randamentul **c.e.** (peste 80 %) nu este limitat de ciclul Carnot, ca în cazul utilizării mașinilor termice. **C. e.** constă din : doi electrozi, *anodul* (la care se produce oxidarea combustibilului însoțită de pierdere de electroni) și *catodul* (la care se produce reducerea oxigenului molecular, însoțită de cîștig de electroni) ; *electrolitul* (care separă electrozii, fiind permeabil la ioni și impermeabil la electroni) ; *combustibilul* ; *oxigenul* sau *aerul.* Combustibilii clasici (petrol, gaz metan etc.) nu se utilizează fiindcă necesită catalizatori scumpi ; se folosesc în schimb combustibili mai activi din punct de vedere chimic : hidrogen (H_2) ; metanol (CH_3OH) ; hidrazină (N_2H_2) etc. **C.e.** funcționează la temperaturi normale (20...100°C), medii (150...350°C), sau înalte (peste 500°C). *C.e. hidrogen — oxigen* (fig. 77) funcționează pe baza reacțiilor chimice : $2\,H_2 \rightarrow 4\,H^+ + 4\,e^-$ (oxidare la anod) ; $4\,H^+ + 4\,e^- + O_2 \rightarrow 2\,H_2O$ (reducere la catod). Electronii trec de la anod la catod prin sarcina exterioară *R,* iar ionii de combustibil trec la catod prin

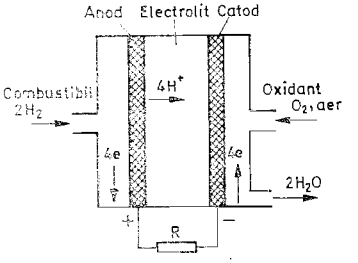


Fig. 77

electrolit (de ex., KOH). Tensiunea de mers în gol a **c.e.** este de cca 1 V, tensiunea în sarcină de 0,5...0.9 V, iar puterea specifică de 20...50 W/kg. Anodul, poros, care permite difuzia hidrogenului, este confecționat din nichel sau din cărbune și conține catalizatori ca platină, paladiu etc. Catalizatorii din catod sînt platina, argintul, spinelul aluminiu-cobalt etc. **C.e.** hidrogen-oxigen au puteri de la cîțiva W la cîțiva kW (de ex., **c.e.** utilizat la zborul spațial GEMINI, cu hidrogenul și oxigenul stocate la presiuni mari și temperaturi mici, este format din 6 baterii a cîte 32 celule, cu o putere totală de 2 kW și o putere specifică de 32 W/kg). *C.e. cu hidrazină* și *c.e. cu metanol* (mai ieftin decît hidrazina) au, față de **c.e.** cu combustibil gazos, avantajul că nu necesită recipiente sub presiune pentru gaze. **C.e.** sînt destinate alimentării cu energie electrică în așezări izolate, tracțiunii electrice (electromobile), misiunilor spațiale etc. Sin. *pilă de combustie.*

convertor fotoelectric, convertor care transformă direct energia luminoasă (solară) în energie electrică. Se bazează pe excitarea optică a unei joncțiuni $p - n$ dintr-un semiconductor *(→ conducție electrică). C.f. cu siliciu* are stratul *n* (cu conductivitate electronică) obținut prin impurificare cu fosfor pentavalent, iar stratul de tip *p,* cu conductivitate dată de deplasarea „golurilor" obținut prin dopare cu bor trivalent. În stratul de baraj (cu o grosime de $10^{-6}...10^{-7}$ m), practic nu există purtători liberi de sarcină. Prin absorbția unei cuante de lumină (foton) se separă o pereche de purtători de sarcină gol-electron, care sub influența cîmpului electric din stratul de baraj se orientează, electronii încarcă negativ stratul *n,* apărînd un → *cîmp electric imprimat* fotovoltaic, fenomen numit *efect fotoelectric intern.* Tensiunea de mers în gol a **c.f.** este cu atît mai mare, iar curentul de scurtcircuit cu atît mai mic, cu cît lățimea benzii interzise este mai mare. Randamentul maxim se obține pentru o bandă interzisă de 1...2 eV (6...20 %). Materialele utilizate sînt : Si, CdS, CdTe, AsGa etc. **C.f.** se aplică la măsurarea ilumi-

nării (luxmetrul fotoelectric), în tehnica fotografică (exponometre), iar conectate în serie și în paralel, ca → *baterii solare*. Sin. *fotoelement, convertor fotovoltaic, pilă solară.*

convertor fotovoltaic, convertor fotoelectric.

convertor Hall, traductor Hall.

convertor magnetohidrodinamic, convertor care realizează conversia directă a energiei cinetice (termice) în energie electrică, pe principiul inducției electromagnetice, folosind un fluid conductor (metal lichid, gaz ionizat sau plasmă) aflat în mișcare într-un cîmp magnetic. Dacă într-un canal de lățime d (fig. 78) aflat într-un cîmp magnetic de inducție B se deplasează cu viteza v perpendicular pe direcția cîmpului un fluid conductor, în acesta

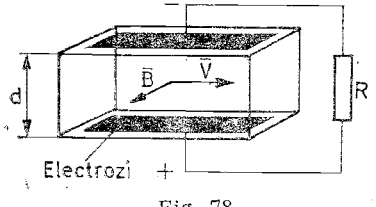
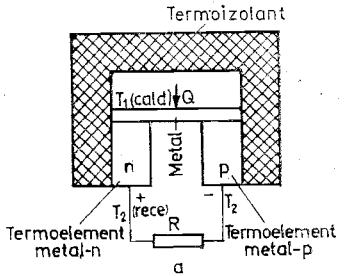


Fig. 78

se induce o tensiune electromotoare $U_e = dvB$, care se poate culege pe fețele paralele cu direcția cîmpului de către un sistem de electrozi. În sarcină, cînd la bornele **c.m.** se conectează o rezistență, asupra fluidului se exercită o forță electromagnetică proporțională cu intensitatea curentului debitat, forță ce se opune deplasării fluidului. Lucrul mecanic necesar învingerii acestor forțe se produce prin destinderea gazului, sau pe seama energiei cinetice a metalului lichid, acționat de o pompă. În afară de acest tip de *c.m. de curent continuu*, există *c.m. de inducție* (asincrone), care funcționează pe principiul mașinii asincrone liniare (desfășurate), utilizate, în special, ca pompe magnetohidrodinamice pentru vehicularea metalelor lichide (de ex., a sodiului topit în centralele electrice nucleare). Pentru producerea energiei electrice pe cale magnetohidrodinamică se are în vedere doar **c.m.** *cu plasmă* (mai riguros, *c. magnetoplasmadinamic*). Randamentul centralelor cu **c.m.** depășește 50%, în comparație cu randamentul de maximum 40% al termocentralelor clasice (cu turbină și generator rotativ), deoarece randamentul **c.m.**, deși limitat de randamentul termodinamic al ciclului Carnot, poate depăși 60%, utilizînd la intrare temperaturi de 2500...3000 K, iar la ieșire, de 1000 K. Prin combinarea centralei magnetohidrodinamice cu centrala clasică, introducînd gazele ieșite din **c.m.** în turbine, randamentul global poate atinge 55%. Conversia magnetohidrodinamică este cu atît mai eficientă cu cît este mai mare conductivitatea electrică a plasmei: ar fi necesare temperaturi de 6000...7000 K, inutilizabile din lipsa unor materiale capabile să suporte aceste temperaturi. Valori rezonabile ale conductivității, la temperaturi de 2000...3000 K, se obțin prin „însămînțarea" gazului de lucru cu particule ușor ionizabile de metale alcaline (cesiu, potasiu). Argonul cu 1% potasiu are la 3000 K conductivitatea $\sigma = 100$ S/m. Centralele cu **c.m.** au ciclu deschis sau ciclu închis, după cum gazul este evacuat în atmosferă (eventual introdus în continuare în turbine) sau este recirculat, nefiind în contact direct cu sursa de căldură (cazul centralelor nucleare cu fisiune). Extinderea utilizării **c.m.** se va face în centrale termonucleare, după ce se va realiza controlul fuziunii nucleare (estimat pentru anul 2000). Există perspective de aplicare a **c.m.** în regim de motor la propulsarea reactivă a navelor cosmice. Tipuri de **c.m.**: 1. *C.m. cu electrod continuu* (generator Faraday) are numai o pereche de electrozi, are performanțele diminuate de apariția efectului Hall și prezintă o reacție a indusului pronunțată. 2. *C.m. cu electrozi segmentați* are circuitele electrice izolate între ele și față de pămînt; puterea specifică, mai mare ca a **c.m.** cu electrod continuu, nu este diminuată de efectul Hall. 3. *C.m. de tip Hall* are perechile opuse ale electrozilor segmentați scurtcircuitate, puterea fiind preluată de la prima și ultima pereche de electrozi; prezintă performanțe bune în apropierea regimului de scurtcircuit. *Excitația* **c.m.** trebuie să asigure inducții magnetice mari în canal, adesea peste 3 T, valoare care depășește inducția de saturație a fierului. Utilizarea *bobinelor clasice*, răcite cu apă, cu densități de curent de 10 A/mm² asigură inducții de 1...2 T. *Bobinele criogenice*, răcite cu azot lichid (77...100 K) sau cu hidrogen lichid (20...40 K), au dezavantajul că necesită un debit mare de lichid pentru evacuarea căldurii (la pierderi de 50 kW este necesar un debit de 1,25 l/s hidrogen lichid). *Bobinele supraconductoare*, răcite cu heliu lichid (4,2 K), confecționate din aliajele niobiului cu staniul sau zirconiul, sînt cele mai promițătoare, realizînd, la densități de curent de 400...600 A/mm², inducții magnetice de pînă la 30 T (circuitul magnetic este fără miez de fier). Puterea specifică necesară excitației, în cazul utilizării bobinelor clasice, are valori rezonabile la **c.m.** de peste 400 MW. La **c.m.** mici, puterea necesară excitației poate depăși puterea debitată. La bobinele supraconductoare pierderile în sistemul de excitație sînt practic nule, în schimb este necesară o putere însemnată la acționarea agregatelor de răcire. Principalele probleme ce trebuie rezolvate pentru extinderea la scară industrială a **c.m.** sînt de natură tehnologică (materiale pentru canal și electrozi rezistente la uzură și la temperaturi ridicate de lucru, bobine supraconductoare de dimensiuni mari). Energia electrică produsă de **c.m.** la tensiuni reduse și curenți continui de valori mari poate fi transformată în energie de curent alternativ cu ajutorul invertoarelor cu tiristoare, sau cu grup motor de curent continuu omopolar — generator sincron. Sin. *generator magnetohidrodinamic (MHD).*

convertor termoelectric, convertor static care transformă direct energia termică în energie electrică pe baza → *efectelor termoelectrice* (Seebeck, Peltier, Thomson). **C.t.** poate consuma energie electrică pentru a pompa căldura de la o sursă caldă la una rece *(răcitor termoelectric)*. **C.t.** folosite ca surse de energie electrică, cu puteri de la cîțiva W la cîteva sute de W, s-au dezvoltat (începînd cu 1950) odată cu tehnica semiconductoarelor, a căror eficiență termoelectrică este cu un ordin de mărime mai mare decît la metale. Metalele sînt utilizate, în special, la confecționarea termocuplelor de măsurare a temperaturii (randamentul **c.t.** cu metale sau aliaje este de cca 0,1%; al *c.t. cu joncțiune metal-semiconductor* este de 10...14% la instalațiile de laborator și 4...8% la cele industriale). Schema de principiu a unui **c.t.** cu două semiconductoare diferite (n și p), conectate electric în serie și termic în paralel, este dată în fig. 79, *a*; T_1 este temperatura sursei calde, T_2 — temperatura sursei reci. Căldura necesară poate fi dată de arderea unui combustibil sau de dezintegrarea radioizotopilor. Deoarece tensiunea unui element este de zecimi de volt, iar puterea de cîțiva W, adesea se conectează mai multe elemente în *baterii* (fig. 79, b) sau în *cascadă*, în cazul unor diferențe mari de temperatură, pentru a se obține o eficiență maximă a conversiei (de ex., un **c.t.** cu Si—Ge, la $T_1 = 1300$ K, $T_2 = 300$ K are $\eta = 10\%$, pe cînd o cascadă cu un **c.t.** Bi—Sb—Te—Se, între 300 și 500 K și un **c.t.** Si—Ge între 500 și 1300 K are $\eta = 13{,}5\%$). Avantajele **c.t.** (durată mare de funcționare fără întreținere, construcție compactă și robustă, poziție de funcționare indiferentă, putere specifică mare etc.) le fac propice utilizării în zborurile cosmice, la alimentarea radioreleelor, a radiobalizelor pentru

navigația aeriană, a stațiilor meteo etc. Tipuri de **c.t.**: *c. cu arzător de propan-butan* (aragaz), de 80 W, consum 3 g/Wh; o cisternă de 2000 kg asigură o autonomie de funcționare de 10 luni; *c.t. solar* (misiunea Pioneer-NASA): $T_1 = 1064$ K; $T_2 = 700$ K; 24,8 W/kg; 0,11 V/element; 2,8 A/element; 480 elemente; *c.t. cu izotopi* (Viking-Marte): combustibil ^{238}Pu; 675 W(termici); 40 W (electrici); $T_1 = 840$ K; $T_2 = 470$ K; 90 elemente; 13 kg.



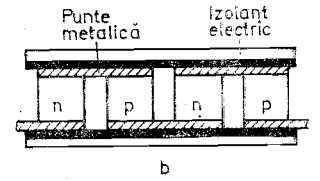


Fig. 79

convertor termoionic, convertor care transformă direct energia termică în energie electrică pe baza emisiei termoelectronice a unui electrod metalic încălzit *(emiter)* către un electrod răcit *(colector)*. Emisia electronică apare atunci cînd electronii liberi din structura cristalină a electrodului posedă o energie mai mare sau egală cu lucrul mecanic de ieșire, ce trebuie efectuat pentru învingerea forțelor de atracție exercitate de către ionii pozitivi ai cristalului. Densitatea curentului de emisie termoelectronică este dată de relația termodinamică a lui Richardson: $J = J_0 T_1^2 \exp\left(-\frac{qU_e}{kT_1}\right)$, A/m², în care J_0 este constanta de emisie, ce depinde de materialul și natura suprafeței emiterului ($Am^{-2}K^{-2}$); T_1 — temperatura emiterului (K); $q = 1{,}59 \cdot 10^{-19}$C — sarcina electronului; U_e — potențialul de ieșire (V); k — → *constanta* lui Boltzmann (J/K). Dacă temperatura emiterului este suficient de mare, energia electronului depășește lucrul de ieșire, iar surplusul, sub formă de energie cinetică îi permite deplasarea pînă la colector, pe care îl încălzește, prin ciocnire, după care se reîntoarce la emiter prin rezistența de sarcină. Căldura degajată la colector trebuie evacuată, pentru a-i menține temperatura constantă, cît mai redusă, în scopul evitării emisiei inverse. Fenomenul transportului de electroni de la emiter la colector este frînat de existența *sarcinii spațiale* (norului electronic). Neutralizarea sarcinii spațiale se face prin introducerea de cesiu între electrozi: prin bombardarea emiterului, atomii de cesiu pierd electroni, iar ionii pozitivi neutralizează sarcina spațială. În funcție de presiunea cesiului, **c.t.** sînt de trei tipuri: *de presiune scăzută* (10^{-4} mm Hg); *de presiune înaltă* (1 mmHg); *în regim de arc*. Materialul electrozilor este wolframul, pentru emiter și nichelul, pentru colector. La microconvertoarele termoionice cu izotopi radioactivi (cu puteri de zecimi de mW pentru scopuri medicale sau de zecimi de W), care funcționează la temperaturi mai reduse (500...800 K), drept emiter se utilizează oxidul de bariu sau de stronțiu, cu proprietăți emisive bune. S-au realizat **c.t.** la puteri de ordinul kW, cu elemente de cîte 100 W și puteri specifice de 64 W/kg. Perspective deosebite au **c.t.** în centralele electrice de fisiune, emiterul fiind încălzit de combustibilul nuclear, iar căldura cedată de colector este folosită pentru conversie clasică (cazan — turbină — generator sincron).

Coolidge, William David (1873—1975), fizician și chimist american. Cercetări privind descărcările electrice în gaze. Lucrări referitoare la utilizarea filamentului de wolfram la 3 500°C în atmosferă de hidrogen. În 1908, folosește, pentru prima dată, filamentul de wolfram la lămpile electrice cu incandescență, în locul filamentului de cărbune, mărind fluxul luminos de 2,75 ori, la un consum de energie redus cu 15%. În 1914, inventează tubul cu catod incandescent și vid înaintat pentru producerea radiațiilor X.

coordonare a izolației, corelare a diferitelor nivele de izolație și de protecție dintr-un sistem electroenergetic, ținînd seama de tensiunea pe care o poate suporta izolația și de supratensiunile ce pot apărea în sistem, cu scopul evitării distrugerii izolației sau pentru deplasarea conturnărilor în locurile în care deranjamentele apărute sînt minime, evitîndu-se avarierea echipamentelor. **C.i.** față de supratensiunile atmosferice se face prin două metode: *Metoda probabilistică* stabilește nivelul optim de izolație prin adoptarea unui *risc de descărcare* a unui interval de aer sau a unui *risc de conturnare* a izolației, stabilit din considerente tehnico-economice sau pe bază de experiență, cu care se poate calcula numărul probabil de deconectări ale unei linii de înaltă tensiune. *Metoda deterministă* dimensionează izolația pe baza unui *coeficient de supratensiune* maxim de calcul, astfel ales încît probabilitatea de apariție a supratensiunii de această valoare să fie mai mică decît 2%; nivelul de izolație trebuie să fie mai mare decît supratensiunea maximă de calcul.

coordonate simetrice, **componente simetrice**.

cordon, conductă electrică, flexibilă, cu izolație de cauciuc sau de material plastic, folosită în instalațiile electrice mobile. În funcție de solicitările mecanice la care sînt supuse în exploatare, **c.** se execută în trei variante constructive: *execuție ușoară (U), mijlocie (M)* și *grea (G)*. (Simbolizare: *MCU, MCM, MCG*).

cordonul lui Rogovski, **cordon magnetic**.

cordon magnetic, dispozitiv format dintr-un cordon flexibil de piele, cauciuc sau material plastic, de secțiune constantă și lungime mare față de lățime, bobinat uniform cu o sîrmă subțire, utilizat la măsurarea tensiunilor magnetice. Fluxul magnetic în înfășurare este proporțional cu tensiunea magnetică în lungul curbei ce unește centrele spirelor; prin măsurarea fluxului (de ex., cu → *galvanometrul balistic* sau cu *fluxmetrul*) se poate determina tensiunea magnetică. **C.m.** se poate etalona împreună cu galvanometrul balistic, folosind o bobină de etalonare, cu solenația cunoscută. Sin. *cordonul lui Rogovski* (impropriu, *voltmetru de tensiune magnetică*).

coroziune electrolitică, coroziune a conductelor metalice, a mantalei cablurilor de energie sau a altor construcții metalice subterane aflate în apropierea șinelor de tracțiune electrică în curent continuu, produsă de către curenții de întoarcere împrăștiați prin pămînt *(→ curenți vagabonzi)*. Căutînd trasee de rezistență minimă, curenții vagabonzi trec prin conductele metalice; în locurile în care aceștia părăsesc conductele, numite *zone anodice*, se produce o **c.e.** care, în conformitate cu legea electrolizei (legea lui Faraday), este cu atît mai mare cu cît este mai mare curentul ce străbate electrolitul (umezeala din sol) și cu cît este mai mare durata de trecere. Pierderile anuale

de metal produse de un curent de 1 A sînt de 9,1 kg oţel şi de 33,4 kg plumb. Curenţii de tracţiune ai vehiculelor de curent continuu, de valori foarte mari (sute de amperi la tramvaie şi mii de amperi la locomotive), produc anual pierderi importante de metal, pentru diminuarea cărora sînt necesare măsuri de protecţie. Se aplică *protecţia catodică*, care urmăreşte stabilirea artificială a unui potenţial negativ al conductei faţă de sol (eliminarea zonei anodice), prin mai multe metode: *a*) *Drenajul electric* care constă în legarea galvanică a conductei cu şina, în dreptul zonei anodice (fig. 80). Drenajul trebuie să fie polarizat, pentru a se evita trecerea curentului în sens invers (de ex., la frînarea cu recuperare). Deconectarea legăturii galvanice se poate face cu un releu polarizat, care sesizează sensul curentului, sau se poate intercala o diodă semiconductoare (de preferinţă de germaniu, care prezintă o cădere mică de tensiune în sens direct, de cca 0,55 V); *b*) *Protecţia cu sursă auxiliară de curent continuu* (1...3 V, 100 A) care se intercalează între conductă şi şină (fig. 80) sau între conductă şi sol, cu ajutorul unui anod de sacrificiu (de fier vechi), este necesară atunci cînd rezistenţa conductei de drenaj este prea mare pentru a asigura o protecţie suficientă. Redresoarele cu tiristoare pentru protecţie catodică stabilesc automat potenţialul negativ al conductei faţă de sol, cu ajutorul unor elemente de măsurare şi al unor amplificatoare electronice. *Reducerea valorii curenţilor vagabonzi* se obţine prin micşorarea rezistenţei electrice a şinelor (şine sudate sau legate cu funie de cupru în dreptul joantelor) şi prin mărirea rezistenţei dintre şine şi sol. *Izolarea conductelor* prin bandajare şi bituminizare poate conduce la micşorarea curenţilor vagabonzi ce le traversează, dar o deteriorare locală a acestei izolaţii măreşte densitatea curenţilor vagabonzi în locul respectiv şi accentuează procesul de c.e. Zonele anodice, ce trebuie protejate, sînt localizate în dreptul substaţiei de tracţiune numai cînd polul pozitiv al sursei din substaţie este legat la firul de contact; în caz contrar, zonele anodice sînt flotante, urmărind deplasarea vehiculelor, deci nu sînt susceptibile de protecţie împotriva c.e.

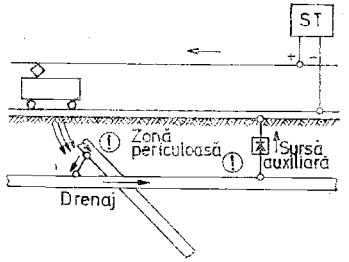


Fig. 80

corp de iluminat, aparat în care se montează lămpile electrice şi accesoriile de alimentare cu energie, cu rol de redistribuire raţională a fluxului luminos, de protejare a ochiului de luminanţe mari (evitarea orbirii), de protecţie a sursei de lumină de deteriorări mecanice şi de acţiunea agenţilor atmosferici (praf, umezeală, gaze) şi eventual de modificare a compoziţiei spectrale a luminii date de sursă.

cosfimetru, instrument de măsurare a factorului de putere, alcătuit dintr-o bobină fixă, de curent, parcursă de curentul de sarcină şi din două bobine mobile, de tensiune, decalate între ele cu 90° şi conectate în derivaţie cu receptorul (fig. 81). Curenţii din bobinele mobile i_1 şi i_2 sînt defazaţi între ei cu 90°, unul din circuite fiind rezistiv, celălalt inductiv. Cuplurile electromagnetice care acţionează asupra bobinelor mobile sînt antagoniste şi au valorile $M_1 = k_1 i i_1 \cos\varphi \sin\alpha$; $M_2 = k_2 i i_2 \sin\varphi \cos\alpha$. Unghiul de rotaţie α al bobinelor mobile (poziţia acului indicator) se stabileşte la egalitatea $M_1 = M_2$; $\mathrm{tg}\varphi = c.\,\mathrm{tg}\alpha$, deci indicaţia este funcţie de unghiul de

defazaj dintre curent şi tensiune, respectiv funcţie de factorul de putere. C. este un instrument logometric; în repaus poziţia acului indicator este indiferentă. C. se construiesc de regulă pentru 5 A şi 100 V, fiind conectate prin transformatoare de măsură de curent şi de tensiune. Sin. *fazmetru*.

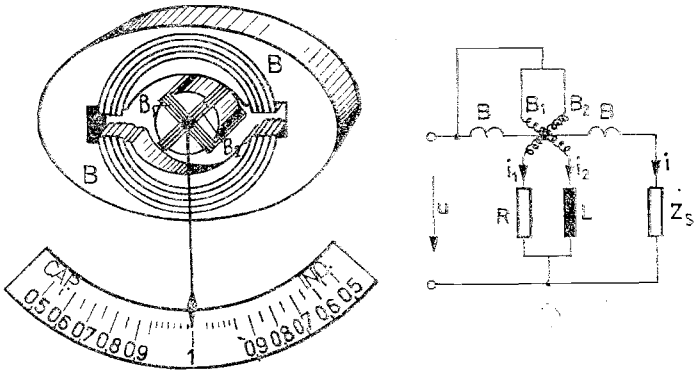


Fig. 81

coulomb (C), unitate de măsură a sarcinii electrice, egală cu cantitatea de electricitate transportată într-o secundă printr-un conductor de un curent constant de 1 A; 1 C = 1A.1s.

Coulomb, Charles Augustin de ~ (1736—1806), fizician francez. Fondator al bazelor experimentale ale electricităţii şi magnetismului. În 1785, formulează teorema interacţiunii dintre corpurile electrizate, potrivit căreia forţele sînt invers proporţionale cu pătratul distanţei. În 1789, studiind acţiunea cîmpului magnetic terestru asupra acului magnetic, introduce noţiunea de moment magnetic, atribuie moleculelor momente magnetice şi elaborează teoria polarizării. Arată că majoritatea legilor electricităţii se aplică şi magnetismului. Studiază frecarea şi maşinile simple şi inventează o balanţă de torsiune.

coulombmetru, aparat folosit la determinarea precisă a cantităţii de electricitate ce trece printr-un circuit, prin măsurarea cantităţii de metal depus la catod prin electroliză, conform legii lui Faraday. Cel mai utilizat este *c. cu mercur* (contorul Stia), la care măsurarea mercurului depus se face cu un tub gradat (asemănător cu termometrul). Sin. *voltametru*.

covor izolant, covor de material izolant sintetic sau natural, folosit la izolarea electrică faţă de pămînt a operatorilor în timpul efectuării unor manevre la aparate electrice aflate sub tensiune (de ex., la întreruptoare sau separatoare de înaltă tensiune). C.i. trebuie încercate, periodic, la tensiuni mărite faţă de tensiunile de servici.

creion termic, indicator de temperatură utilizat la determinarea aproximativă a încălzirii maşinilor şi aparatelor electrice, a ventilelor semiconductoare etc. C.t. este format dintr-un material moale, a cărui urmă pe corpul fierbinte îşi schimbă culoarea dacă temperatura depăşeşte o anumită valoare, specifică fiecărui tip de c.t.

crestătură de mașină electrică, canal practicat în circuitul magnetic al unei mașini electrice, în care se așază bobinele înfășurării repartizate. Se folosesc *c. deschise* (la puteri mari), *c. semideschise* (la puteri mijlocii), *c. semiînchise* (la puteri mici), *c. închise* (la rotoarele în colivie). În *c. semiînchise* (fig. 82, a) se introduc bobine maleabile, confecționate din sîrmă rotundă, cu diametrul de cel mult 2,5 mm; *c. semideschise* se folosesc de regulă la înfășurările în două straturi, ale căror bobine sînt formate din două jumătăți rigide, care se introduc una cîte una (fig. 82, b); *c. deschise*

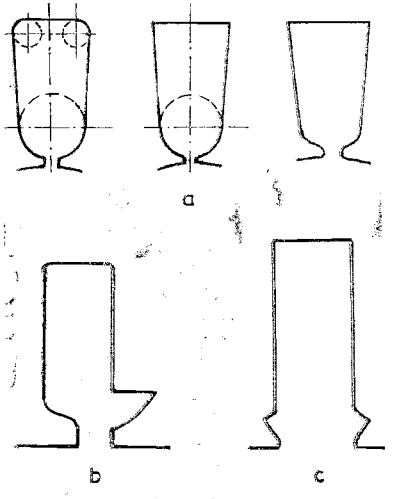


Fig. 82

(fig. 82, c) au deschiderea (istmul) egală cu lățimea și se bobinează cu bobine prefabricate (din bare). C. se obțin prin ștanțare, în tole cu grosimea de 0,5 mm, sau prin frezare, dacă circuitul magnetic este masiv (de ex., la rotoarele mașinilor sincrone). Pereții c. se izolează cu carton electrotehnic impregnat (preșpan). După introducerea bobinelor, c. se închid cu pene de lemn, fibră, pertinax sau metale nemagnetice. Forma c. influențează reactanțele de scăpări ale mașinii: *c. deschise* prezintă cele mai mici reactanțe, iar *c. închise*, cele mai mari reactanțe de scăpări. Pentru reducerea armonicilor superioare de spațiu ale inducției magnetice produse de c., acestea se fac adesea înclinate față de generatoare. Printr-o înclinare convenabilă, se poate elimina complet o anumită armonică superioară. Înclinarea c. conduce la mărirea rezistenței și reactanței de scăpări a înfășurării.

criogenie, tehnică a producerii temperaturilor foarte joase (sub 70 K), cu aplicații în construcția mașinilor electrice cu înfășurări supraconductoare sau criorezistive, a electromagneților cu inducții magnetice foarte înalte, a cablurilor criorezistive, a întreruptoarelor supraconductoare etc. Sin. *criotehnică*.

criolit, fluorură dublă de aluminiu și sodiu (Na_3AlF_6) utilizat, în stare topită, ca solvent pentru alumină, în procesele de electroliză a aluminiului.

criostat, aparat pentru menținerea temperaturilor foarte scăzute, cu aplicații în criotehnică. Izolarea termică se obține cu mai multe zone de vid. În locurile de trecere a conductoarelor, bune conducătoare de căldură, izolația termică este întreruptă. Datorită randamentului scăzut de producere a temperaturilor foarte joase, este necesar ca pierderile electrice să fie cît mai reduse. Gazele folosite în c. sînt heliul (lichefiere la 4,2 K), hidrogenul (20,4 K) și azotul (77 K).

criotehnică, criogenie.

criotron, element neliniar de circuit a cărui rezistență, în apropierea temperaturii critice de supraconductivitate, se poate varia cu ajutorul unui cîmp magnetic produs de o înfășurare supraconductoare (de ex., de niobiu). Se utilizează ca amplificator sau ca releu, avînd dimensiuni mici, consum redus și mare stabilitate în funcționare.

crocodil, dispozitiv de conectare folosit în montajele provizorii de măsurare, format din două fălci dințate așezate sub formă de clește, presiunea de apăsare fiind dată de un resort. Sin. *clemă crocodil*.

cromnichel → aliaj de mare rezistivitate.

cuadripol, element de circuit cu 4 borne. *C. general* este caracterizat de 6 variabile independente (3 tensiuni și 3 curenți), legate prin 3 ecuații de forma $I_i = f(U_1, U_2, U_3)$, $i = 1, 2, 3$ (din cele 4 tensiuni la borne, una se poate lua egală cu zero, iar unul din curenți se poate exprima în funcție de ceilalți 3). C. pot fi: *lineari, parametrici* sau *neliniari*, după cum parametrii sînt invariabili, sînt funcții date de timp sau depind de valorile curenților și tensiunilor. *C. activi* conțin, iar cei *pasivi* nu conțin, surse de energie electromagnetică. *C. disipativi* conțin, iar cei *nedisipativi* nu conțin. elemente în care se produc transformări ireversibile de energie în căldură (de ex., prin efect termic al curentului în rezistențe). C. mai pot fi *reciproci* sau *nereciproci*. *C. diport (c. în sens restrîns)* are două porți, una de intrare și una de ieșire (fig. 83), rețeaua conectată la intrare fiind izolată de rețeaua de la ieșire. Comportarea *c. linear, pasiv, reciproc (diport)* este caracterizată de două ecuații liniare, omogene de forma $F(\underline{I}_1, \underline{I}_2, \underline{U}_1, \underline{U}_2) = 0$ (forma implicită). Forma fundamentală a ecuațiilor c. este:

$$\underline{U}_1 = \underline{A}\underline{U}_2 + \underline{B}\underline{I}_2$$
$$\underline{I}_1 = \underline{C}\underline{U}_2 + \underline{D}\underline{I}_2 \quad \text{sau matricial}$$

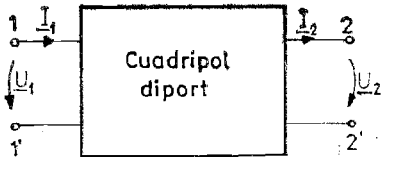


Fig. 83

$$\left\|\begin{matrix}\underline{U}_1\\ \underline{I}_1\end{matrix}\right\| = \|\underline{A}\| \cdot \left\|\begin{matrix}\underline{U}_2\\ \underline{I}_2\end{matrix}\right\| \text{ cu } \|\underline{A}\| = \left\|\begin{matrix}\underline{A} & \underline{B}\\ \underline{C} & \underline{D}\end{matrix}\right\|.$$

Parametrii fundamentali ai c.: $\underline{A} = (\underline{U}_1/\underline{U}_2)_{\underline{I}_2=0}$ — raportul de transformare al tensiunilor la mers în gol; $\underline{B} = 1/(\underline{I}_2/\underline{U}_1)_{\underline{U}_2=0}$ — valoarea inversă a admitanței de transfer de scurtcircuit; $\underline{C} = 1/(\underline{U}_2/\underline{I}_1)_{\underline{I}_2=0}$ — valoarea inversă a impedanței de transfer la mers în gol; $\underline{D} = (\underline{I}_1/\underline{I}_2)_{\underline{U}_2=0}$ — raportul de transformare a curenților la scurtcircuit. Dacă $C \neq 0$ se pot obține *parametrii impedanță*:

$$\underline{U}_1 = \underline{Z}_{11}\underline{I}_1 + \underline{Z}_{12}\underline{I}_2$$
$$\underline{U}_2 = \underline{Z}_{21}\underline{I}_1 + \underline{Z}_{22}\underline{I}_2 \quad \text{sau matricial}$$

$$\left\|\begin{matrix}\underline{U}_1\\ \underline{U}_2\end{matrix}\right\| = \|\underline{Z}\| \left\|\begin{matrix}\underline{I}_1\\ \underline{I}_2\end{matrix}\right\| \text{cu} \|\underline{Z}\| = \left\|\begin{matrix}\underline{Z}_{11} & \underline{Z}_{12}\\ \underline{Z}_{21} & \underline{Z}_{22}\end{matrix}\right\| -$$

matricea impedanță; $\underline{Z}_{11} = (\underline{U}_1/\underline{I}_1)_{\underline{I}_2=0} = \underline{A}/\underline{C}$ — impedanța de intrare la mers în gol; $\underline{Z}_{21} = (\underline{U}_2/\underline{I}_1)_{\underline{I}_2=0} = 1/\underline{C}$ — impedanța de transfer la mers în gol; $\underline{Z}_{12} = -\underline{Z}_{21}$. Dacă $\underline{B} \neq 0$ se obțin *parametrii admitanță*:

$$\underline{I}_1 = \underline{Y}_{11}\underline{U}_1 + \underline{Y}_{12}\underline{U}_2$$
$$\underline{I}_2 = \underline{Y}_{21}\underline{U}_1 + \underline{Y}_{22}\underline{U}_2 \quad \text{sau matricial}$$

$$\left\|\begin{matrix}\underline{I}_1\\ \underline{I}_2\end{matrix}\right\| = \|\underline{Y}\| \cdot \left\|\begin{matrix}\underline{U}_1\\ \underline{U}_2\end{matrix}\right\| \text{cu} \|\underline{Y}\| = \left\|\begin{matrix}\underline{Y}_{11} & \underline{Y}_{12}\\ \underline{Y}_{21} & \underline{Y}_{22}\end{matrix}\right\| -$$

matricea admitanță; $\underline{Y}_{11} = (\underline{I}_1/\underline{U}_1)_{\underline{U}_2=0} = \underline{D}/\underline{B}$ — admitanța de intrare la scurtcircuit; $\underline{Y}_{21} = (\underline{I}_2/\underline{U}_1)_{\underline{U}_2=0} = 1/\underline{B}$ — admitanța de transfer la scurtcircuit. La *c. simetric* inversarea intrării cu ieșirea nu afectează rețeaua. *Determinarea experimentală* a parametrilor c. se face cu ajutorul a 3 din următoarele încercări: mers în gol, pe la intrare ($I_2 = 0$) și pe la ieșire ($I_1 = 0$); scurtcircuit, pe la intrare ($U_2 = 0$) și pe la ieșire ($U_1 = 0$).

Se măsoară $\underline{Z}_{10} = (\underline{U}_1/\underline{I}_1)_{I_2=0} = \underline{Z}_{11}$; $\underline{Z}_{1sc.c} = (\underline{U}_1/\underline{I}_1)_{U_2=0} = -1/\underline{Y}_{11}$; $\underline{Z}_{20} = (\underline{U}_2/\underline{I}_2)_{I_1=0} = -\underline{Z}_{22}$; $\underline{Z}_{2sc.c} = (\underline{U}_2/\underline{I}_2)_{U_1=0} = -1/\underline{Y}_{22}$; $\underline{Z}_{10}\,\underline{Z}_{2sc.c} = \underline{Z}_{20}\,\underline{Z}_{1sc.c} = \underline{B}/\underline{C}$. *Impedanța de intrare primară* a c. este $\underline{Z}_{i1} = \underline{U}_1/\underline{I}_1 = (\underline{A}\underline{Z}_2 + \underline{B})/(\underline{C}\underline{Z}_2 + \underline{D})$, unde $\underline{Z}_2$ este impedanța de sarcină. *Impedanța caracteristică* a c. reprezintă impedanța de sarcină ce trebuie legată la bornele secundare pentru a avea impedanța de intrare primară egală cu aceasta, $\underline{Z}_c = \underline{Z}_2 = \underline{Z}_{i1}$; $\underline{Z}_c = \sqrt{\underline{B}/\underline{C}}$. *C. echivalent* este c. cu 3 impedanțe conectate în T sau π, care echivalează mașina, aparatul, linia, rețeaua sau tranzistorul de studiat cu ajutorul c.

cuantă de energie, cantitate finită de energie care poate fi absorbită la excitarea, sau emisă, la dezexcitarea unui atom sau a unei molecule, egală cu produsul dintre frecvența radiației și constanta lui Planck ($\Delta W = h \cdot \nu$).

cuantă de lumină, foton.

cupal, material obținut prin laminarea împreună a unor table de cupru și aluminiu, încît umezeala nu poate pătrunde la contactul dintre ele și nu se produce coroziunea prin efect electrolitic. Se folosește la îmbinarea conductoarelor de cupru cu cele de aluminiu, sub formă de rondele, teci, papuci sau cleme.

cuplaj, legătură între două sau mai multe circuite electrice, realizată cu elemente de circuit (prin rezistoare — *c. galvanic* sau *conductiv*; prin condensatoare sau capacități parazite — *c. capacitiv*; prin bobine — *c. inductiv*). *Coeficientul de c. inductiv (factorul de* c.) este raportul $k = L_{12}/\sqrt{L_1 L_2}$, în care L_{12} este inductivitatea mutuală a celor două circuite cuplate; L_1 — inductivitatea proprie a primului circuit; L_2 — inductivitatea proprie a celui de al doilea circuit. Dacă fluxul de scăpări este nul (cazul unor bobine așezate pe un tor feromagnetic), $k = 1$.

cuplaj electromagnetic, dispozitiv de cuplare între motorul de acționare și mașina de lucru, comandate cu semnale electrice de putere redusă. *C.e. cu frictiune* realizează legătura prin frecarea unor suprafețe de contact, apăsate de un electromagnet alimentat în curent continuu la 6, 12 sau 24 V. C.e. cu discuri multiple de frecare, plane *(ambreiaj electromagnetic)* poate transmite cupluri mari, datorită măririi suprafeței de frecare. C.e. cu frictiune asigură protecția motorului la suprasarcini mari, prin alunecarea suprafețelor de contact. *C.e. cu pulbere* realizează legătura între cei doi arbori prin intermediul unei suspensii de material feromagnetic în ulei, aflată în cîmpul magnetic de excitație din întrefierul dintre organul conducător și cel condus. La o anumită inducție magnetică, particulele de pulbere se orientează și fac imposibilă deplasarea relativă a celor două organe. Pentru a se evita aglomerarea pulberii de fier carbonil sau de oțel crom-nichel, aceasta se amestecă cu oxid de magneziu, sticlă fin dispersată sau grafit coloidal (substanțe separatoare). Puterea de comandă este de cca 50% din cea necesară c.e. cu frictiune de aceeași putere. *C.e. cu alunecare*, fără contact mecanic între cei doi arbori, deci fără uzură, realizează legătura prin inducție electromagnetică, pe principiul mașinii asincrone. *C.e. cu alunecare cu indus masiv* (fig. 84) are un semicuplaj de formă cilindrică, cu pereți plini, și un semicuplaj, sub formă de inductor omopolar, excitat în curent continuu, care prin rotire creează un cîmp magnetic învîrtitor. Acesta interacționează cu curenții turbionari din indusul masiv și dă naștere unui cuplu electromagnetic, care rotește indusul, cu o turație mai mică decît a organului conducător. Valoarea cuplului și a alunecării se modifică cu ajutorul curentului de excitație.

Dacă indusul are poli aparenți, apare un cuplu reactiv și c.e. poate funcționa în sincronism, fără alunecare *(c.e. sincron)*. Există și c.e. cu indus bobinat. Puterea de comandă este de numai 2...3% din puterea transmisă, dar gabaritul și inerția sînt

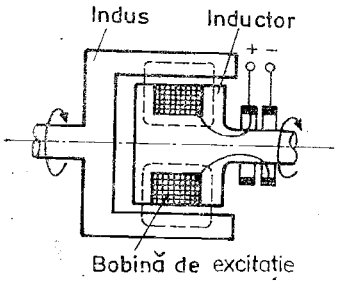


Fig. 84

mai mari decît la celelalte tipuri de c.e. Aplicații ale c.e. cu alunecare se întîlnesc la acționări cu dificultăți la pornire (de ex., între motorul diesel și elicea navelor) sau cu șocuri de sarcină.

cuplor electric de vehicule, dispozitiv prin care se leagă circuitele de comandă ale vehiculelor de tracțiune electrică cuplate mecanic între ele, echipate cu → *comandă multiplă*. Constă din două conectoare multipolare, ale căror cuple mamă sînt fixate pe vehicul, iar cuplele tată, la extremitățile unui cablu de comandă.

cuplu electromagnetic, moment static rezultant, în raport cu axa de rotație, care se exercită asupra rotorului unei mașini electrice datorită forțelor electromagnetice care apar în conductoarele rotorice parcurse de curent și aflate în cîmpul magnetic din întrefier. C.e. corespunde puterii electromagnetice transmise rotorului de către stator prin intermediul cîmpului magnetic, din care se scad pierderile electrice din rotor (puterea mecanică). Valoarea momentană a c.e. este $m_e = pDl\int_0^\tau A_x B_x \, dx$, unde p reprezintă numărul de perechi de poli ai mașinii; D — diametrul rotorului; l — lungimea de calcul a rotorului; A_x, B_x — pătura de curent, respectiv inducția magnetică în punctul x de la periferia rotorului. C.e. al mașinii de curent continuu este $M_e = \frac{p}{2\pi}\frac{N}{a}\Phi I = k\Phi I$, unde N este numărul total de conductoare rotorice; a — numărul de perechi de căi de curent; Φ — fluxul total al unui pol; $\Phi = l\int_0^\tau B_x \, dx$, τ — lungimea pasului polar; I — curentul total al indusului. În regim de motor, c.e. este un cuplu motor, acționînd în sensul mișcării de rotație, iar în regim de generator, c.e. este rezistent, opunîndu-se mișcării. Dacă curentul și fluxul variază în timp, c.e. se consideră valoarea medie pe o perioadă $M_e = \frac{1}{T}\int_0^T m_e \, dt$. C.e. al mașinii monofazate cu colector este $M_e = \frac{N}{2\sqrt{2}\pi}\frac{p}{a}\Phi_m I \cdot \cos\psi$, unde Φ_m este valoarea maximă a fluxului polar; I — valoarea efectivă a curentului indusului; ψ — defazajul dintre flux și curent. Cuplul momentan m_e variază sinusoidal cu o frecvență dublă față de frecvența tensiunii de alimentare. **C.e.** *sincron* este cuplul staționar care apare, la o anumită turație, prin interacțiunea cîmpurilor învîrtitoare ale statorului și rotorului, date de armonicile de spațiu de același ordin (cîmpurile se rotesc cu aceeași turație). C.e. sincron se modifică în funcție de poziția relativă a cîmpului inductor față de cîmpul rezultant din întrefier, poziție dată de *unghiul de sarcină (unghi*

intern), de la valoarea zero la o valoare maximă, numită *c.e. de răsturnare (c.e. critic)*. La **mașina sincronă**, **c.e.** sincron se produce cînd rotorul are aceeași turație cu cîmpul învîrtitor statoric. La **motorul asincron**, **c.e.** sincron este perturbator, cu efect de frînare (se poate produce „agățarea" motorului — funcționarea la o turație mai mică decît cea nominală, sau nu este posibilă pornirea), *C.e. parazite sincrone* se datoresc *armonicilor de dentură* (produse de crestături) și apar dacă între numărul de crestături statorice Z_1 și rotorice Z_2 există următoarele relații nefavorabile (care trebuie evitate la proiectare): $Z_1 = Z_2$ sau $Z_1 = Z_2 \pm 2p$. *C.e. sincronizanți* este o mărime de calcul, care determină comportarea mașinii sincrone la sincronism, egală cu derivata **c.e.** sincron în raport cu unghiul de sarcină. În funcție de valoarea și semnul **c.e.** sincronizant se poate aprecia gradul de stabilitate a mașinii; dacă semnul este negativ, funcționarea mașinii sincrone este instabilă. *C.e. asincron* este cuplul produs într-o mașină asincronă sau sincronă prin interacțiunea cîmpurilor învîrtitoare statoric și rotoric de aceeași turație (produse de armonica spațială a inducției magnetice de același ordin), *indiferent* de valoarea turației rotorului. La **motorul asincron**, **c.e.** asincron principal este produs de armonicile fundamentale; **c.** asincrone date de armonicile superioare sînt **c.e.** parazite, care înrăutățesc comportarea motorului, putînd provoca „agățarea". La **mașina sincronă**, **c.e.** asincron este utilizat la pornire; apare și în regimurile tranzitorii de pendulare, avînd rol de amortizare. Aceste **c.e.** se produc, în esență, prin acțiunea cîmpului învîrtitor statoric asupra curenților din piesele masive ale rotorului sau din colivia de pornire (la motor) sau de amortizare (la generator). **C.e.** asincron se anulează atunci cînd turația rotorului este egală cu turația cîmpului învîrtitor din întrefier, deoarece în conductoarele rotorice nu se mai induc tensiuni electromotoare și nu apar curenți care să producă forțe electromagnetice; pentru a avea **c.e.** asincron trebuie să existe o → *alunecare* între rotor și cîmpul învîrtitor. *C.e. asincron maxim (c.e. critic, c.e. de răsturnare)* apare la o anumită alunecare *(alunecare critică)*, care depinde de parametrii mașinii și poate fi mărită prin mărirea rezistenței circuitului rotoric. **C.e.** critic este proporțional cu pătratul tensiunii de alimentare și nu depinde de valoarea rezistenței rotorice. Dacă cuplul de sarcină (rezistent) depășește **c.e.** critic, motorul se oprește. Raportul dintre **c.e.** critic și **c.e.** nominal este → *capacitatea de suprаîncărcare*. **C.e.** *de pornire* este **c.e.** produs în momentul conectării motorului la rețea ($n = 0$). Un **c.e.** de pornire prea mare (de ex., la conectarea directă a unui motor de curent continuu, fără rezistențe de pornire), poate produce șocuri mecanice, periculoase pentru organele de transmisie; un **c.e.** de pornire prea mic mărește timpul de pornire, în special, dacă trebuie accelerate mase de valoare mare. Cuplul de pornire poate avea valori de (0,4...0,5) M_n la pornirea în gol și momente de inerție mici (pompe, ventilatoare) și de (3...4) M_n în tracțiunea electrică.

cupru (Cu), element chimic metalic utilizat în electrotehnică, îndeosebi ca material conductor, avînd, după argint, cea mai mare conductivitate electrică. Se folosește sub formă de sîrmă, bare, țevi, tablă sau folii în conducte și cabluri, înfășurări de mașini electrice, circuite imprimate, contacte etc. Aliat cu zincul (alama) sau cu staniul (bronzul) se utilizează în construcția mașinilor și aparatelor electrice (clеme și șuruburi, inele colectoare, suporți portperii, cuțite de contact, arcuri etc.). Are următoarele constante fizice și chimice mai importante: număr atomic 29; masă atomică 63,54; masă specifică 8,9 g/cm³; punct de topire 1083°C; punct de fierbere 2310°C; rezistivitate (la 20°C) $1{,}7 \cdot 10^{-8}\Omega$m; coeficient de variație a rezistivității cu temperatura $3{,}93 \cdot 10^{-3}$ K^{-1}, conductivitate termică 400 Wm^{-1}K^{-1}; modul de elasticitate $13 \cdot 10^{-3}$ daN/mm²; rezistență la rupere, la tracțiune 21 daN/mm² (recopt, moale), 45 daN/mm² (tare); alungire la rupere 50% (moale), 2% (tare); duritate Brinell 35 daN/mm² (moale), 95 daN/mm² (tare); coeficient de dilatație liniară $16{,}42 \cdot 10^{-6}$ K^{-1}; căldură specifică medie 0,405 kJkg^{-1}K^{-1}; căldură de topire 210 kJkg^{-1}; potențial electrochimic față de hidrogen + 0,34 V. Este un metal strălucitor, foarte maleabil și ductil, putîndu-se lamina în plăci sau trage în fire chiar la rece. Are tenacitatea apropiată de cea a fierului, este ușor prelucrabil, se sudează bine și se poate îmbina prin lipire; prezintă rezistență ridicată la coroziune. **C.** se găsește în natură în cantități mici (0,01% din scoarța pămîntului) în stare nativă sau în minereuri. Minereurile prelucrabile, au, în general, 1...2% Cu, dar se prelucrează și minereuri mai sărace (0,5% Cu). Înainte de prelucrare, minereurile se concentrează prin metoda flotației. *Procedeul pirometalurgic* de extragere a **c.** folosește cuptoare de ardere, în care se oxidează o parte din sulf, și convertizoare, unde se elimină fierul, sub formă de zgură, și restul de sulf, sub formă de dioxid de sulf. *C. brut*, de convertizor, cu o concentrație de 97...98% Cu se rafinează *termic* (99,4...99,6% Cu) sau *electrolitic* (99,9% Cu) în băi de acid sulfuric 12%; **c.** brut, sub formă de plăci anodice, trece în soluție și apoi se depune la catod, pe niște tipare de **c.** pur obținute prin galvanoplastie. Curentul de electroliză este de 200 A pe un anod, la o tensiune de 0,2 V; consumul specific de energie electrică — 400...450 kWh/t. *C. dezoxidat* (99,94%), de înaltă conductivitate, se obține prin retopire în atmosferă reducătoare (azot, CO, CO_2). *Procedeul hidrometalurgic* se bazează pe tratarea minereului măcinat cu acid sulfuric (leșiere) și electroliza soluției obținute. **C.** obținut prin acest procedeu nu mai trebuie rafinat.

cuptor electric, cuptor la care încălzirea se face cu ajutorul energiei electrice, prin efectul termic al curentului electric ce trece prin încărcătură *(încălzire directă)*, prin rezistoare *(încălzire indirectă)* sau prin *arc electric*. La *c.e. de inducție* curentul ce străbate materialul de încălzit este produs prin inducție electromagnetică. *C.e. de inducție cu creuzet*, utilizate la topirea și supraîncălzirea metalelor și aliajelor, încălzesc șarja conținută într-un creuzet refractar prin efectul termic al curenților turbionari produși prin inducție de către cîmpul magnetic variabil al unui inductor care înconjoară creuzetul (fig. 85). **C.e.** de inducție cu creuzet

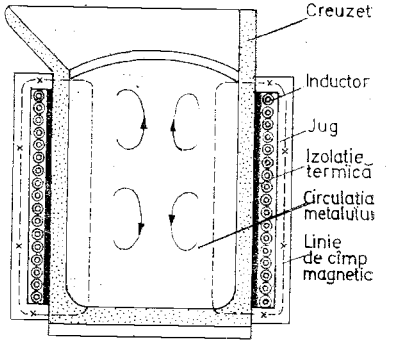


Fig. 85

de capacitate mare (1...50 t, la oțel și fontă) funcționează la frecvența industrială; **c.e.** de capacitate medie (0,4...1 t) la frecvențe de 150...1 000 Hz; **c.e.** de capacitate mică (50...400 kg), la 2500 sau 8000 Hz. Factorul de putere redus (0,05...0,25) trebuie ameliorat prin compensare individuală a puterii reactive cu baterii de condensatoare. **C.e.** de

frecvență industrială sînt prevăzute cu circuite magnetice exterioare, confecționate din tole de tablă silicioasă, în vederea închiderii fluxului magnetic. În funcție de natura materialului de încălzit și de tipul constructiv, **c.e.** de inducție cu creuzet au un randament electric de 0,6...0,85 și un randament termic de 0,75...0,85. **C.e.** de inducție cu creuzet pot fi construite pentru funcționare în vid sau în atmosferă protectoare. Ele se utilizează la elaborarea oțelurilor superioare și a aliajelor speciale, care necesită o puritate deosebită și o compoziție chimică uniformă și precisă. Pentru încălzirea materialelor neconductoare, se poate utiliza un creuzet conductor (de ex., grafit) care se încălzește prin inducție și cedează căldura încărcăturii. **C.e.** *de inducție cu canal (cu miez de fier)* funcționează pe principiul transformatorului; este constituit dintr-un circuit magnetic pe al cărui miez se află o înfășurare primară numită inductor, secundarul fiind format de unul sau mai multe canale refractare pline cu metal lichid, care comunică cu o cuvă în care se află încărcătura (fig. 86).

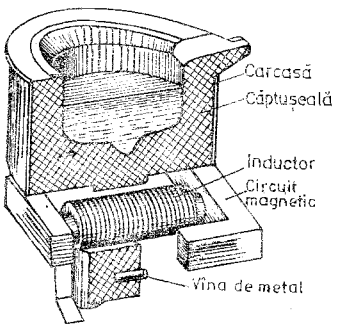


Fig. 86

Alimentarea cu energie electrică, de la rețeaua de frecvență industrială, poate fi monofazată, bifazată (două inductoare în montaj Scott → *simetrizare*) și trifazată (trei inductoare). Metalul din canal și de la fundul cuvei (balta) trebuie menținut în permanență în stare lichidă, ceea ce reclamă o funcționare continuă a cuptorului și o golire incompletă, trecerea de la o marcă de aliaj la alta fiind dificilă. Randamentul electric (0,9...0,96) și factorul de putere (0,4...0,85, în funcție de material) sînt superioare celor realizate la **c.e.** de inducție cu creuzet. **C.e.** de inducție cu canal se utilizează la topirea, menținerea în stare lichidă și supraîncălzirea cuprului, zincului, aluminiului și aliajelor acestora sau la elaborarea fontei maleabile în procedeul duplex (cubilou — **c.e.**). Elaborarea oțelului nu se face în astfel de **c.e.** din cauza temperaturii înalte a oțelului topit, căptușeala canalului fiind suprasolicitată termic, mecanic și chimic. *C.e. cu arc* au ca sursă de căldură arcul electric ce arde între electrozi și șarjă *(c.e. cu arc cu acțiune directă). C.e. cu arc cu acțiune indirectă*, cu arcul format între doi electrozi orizontali, sînt mai puțin răspîndite (de ex., la topirea cuprului și fontei în turnătorii mici), datorită solicitării termice mari a căptușelii refractare, expuse la radiația directă a arcului electric. *C.e. cu arc și rezistență*, folosite la elaborarea fontei sau feroaliajelor, au arcul acoperit de încărcătură, o parte a căldurii degajate se datorește efectului termic al curentului ce străbate șarja. *C.e. cu arc cu trei electrozi de grafit* (fig. 87) sînt cele mai utilizate la elaborarea oțelurilor. Construcția mecanică cuprinde: carcasa căptușită cu material refractar, bolta (fixă sau rabatabilă), dispozitivul de basculare, sistemul de acționare a electrozilor (cu motoare electrice sau hidraulic), hota de absorbție a gazelor. Echipamentul electric cuprinde: separatorul și întreruptorul de înaltă tensiune, reactorul de limitare a curenților de scurtcircuit (foarte frecvenți în perioada de topire), transformatorul de construcție specială, cu înfășurările rezistente la solicitările dinamice date de curenții de

scurtcircuit, → *linia scurtă* dintre transformator și cuptor, sistemul de comandă și reglare automată a electrozilor (electrohidraulic, cu amplidine, cu amplificatoare magnetice

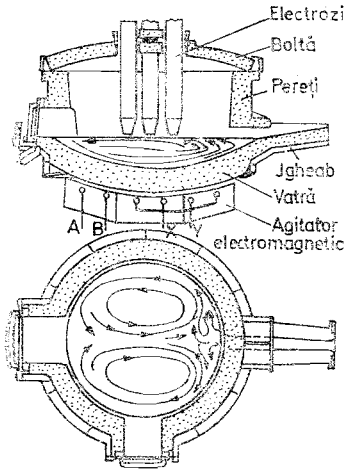


Fig. 87

sau cu tiristoare), → *agitatorul electromagnetic* al băii. Capacitatea acestui cuptor variază de la 0,1 la 200 t, puterea absorbită atingînd 100 MW. Alimentarea transformatorului se face de la rețeaua de înaltă tensiune de distribuție uzinală (3, 6,10 sau 15 kV), tensiunile secundare au valori de 100...600 V (mai mici la cuptoarele mici), curenții prin electrozi — 1... ... 50 kA, iar încărcarea specifică a **c.e.** poate atinge 1500 kW/m². Se construiesc și *c.e. cu arc în vid*. **C.e.** cu arc de elaborare a carburii de calciu, cu un singur electrod vertical și unele **c.e.** trifazate pentru oțel, utilizează metoda Söderbeg, de autografitare a electrozilor: compoziția de electrozi se introduce într-o țeavă, care introdusă în cuptor se topește, iar pasta ajunge la consistența electrozilor obișnuiți; avantajul electrozilor continui, autografitați constă în eliminarea îmbinărilor cu cepuri conice filetate și în costul redus al electrozilor. *C.e. cu rezistoare*, cele mai diversificate **c.e.**, utilizate în cele mai variate domenii, se pot clasifica după următoarele criterii: după ciclul de funcționare, în cuptoare *cu acțiune intermitentă* și *cu acțiune continuă*; după temperatură, în cuptoare *de joasă* (sub 300°C), *medie* (300...1000°) și *înaltă temperatură* (1000...1600°C); după tipul constructiv, în cuptoare cu *cameră, verticale, adînci, cu clopot, cu vatră mobilă, cu vatră ascensor, de laborator, de uscare, de topire, cu băi de săruri, cu hidrogen, cu atmosferă controlată, cu vid, cu funcționare continuă cu transportor* (orizontale și verticale), *cu vatră cu role, cu propulsie, cu tambur, carusel, cu vatră pulsatorie, cu vatră pășitoare, cuptoare lungi pentru sîrmă, cuptoare turn pentru benzi* etc. **C.e.** cu rezistoare consumă între 30 și 50% din întreaga energie electrică utilizată în electrotermie, avînd aplicații în metalurgie, industria constructoare de mașini, industria sticlei și ceramicii, la tratamente termice și termochimice (călire, revenire, recoacere, cementare, nitrocarburare), sinterizarea produselor metaloceramice, lipirea tare, încălzire pentru forjare, matrițare, laminare, uscarea, calcinarea și arderea materialelor nemetalice, topirea, menținerea în stare lichidă și supraîncălzirea aluminiului, cuprului și a aliajelor acestora etc. În general, **c.e.** cu rezistoare constă dintr-o manta metalică exterioară consolidată cu un schelet metalic, o zidărie refractară (la **c.e.** de joasă temperatură în locul zidăriei se folosește izolație de vată de sticlă sau de zgură și un perete metalic interior) și elementele încălzitoare (rezistoarele), confecționate din → *aliaje de mare rezistivitate* sau materiale nemetalice. **C.e.** cu rezistoare se conectează la rețeaua de joasă tensiune direct sau prin transformatoare coboritoare, puterea instalată variind între cîțiva

kW și cîțiva MW. *C.e. de topire sub strat de flux*, dezvoltate în ultimele două decenii, se aplică la topirea oțelurilor aliate de înaltă calitate (pentru rulmenți sau alte piese importante), asigurînd o compoziție uniformă, fără retasuri sau segregații, o puritate ridicată și o structură densă, izotropică. Au unul sau mai mulți electrozi, formați din metalul de topit, introduși în baia de flux de o anumită compoziție (SiO_2, Al_2O_3, CaO, CaF_2, MgO, FeO), conținută într-un cristalizator răcit cu apă (fig. 88). Trecînd prin baia de flux

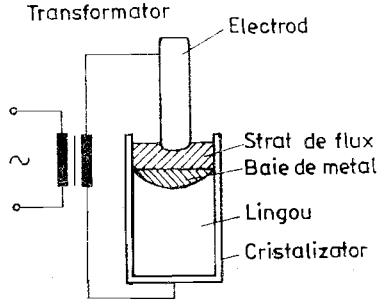


Fig. 88

curentul o încălzește la 1800...2000°C și capătul inferior al electrodului, acționat automat în jos, se topește, picăturile străbat stratul de flux și se adună în cristalizator, unde se cristalizează în mod dirijat, axial. Stratul de flux protejează baia de metal de acțiunea atmosferei și purifică metalul de incluziunile nemetalice, prin reacții chimice cu picăturile de metal lichid. Electrozii se alimentează la 50...100 V de la transformatoare coborîtoare conectate la rețeaua de înaltă tensiune (6, 10 sau 35 kV), puterea absorbită fiind de ordinul MW. *C.e. de topire cu fascicul de electroni* transformă în căldură energia cinetică a unui fascicul de electroni, accelerați într-un cîmp electric puternic, la contactul cu suprafața metalului de topit, într-un vid înaintat (10^{-5}...10^{-6} mm Hg). Sursa de electroni o constituie unul sau mai multe tunuri electronice, al căror catod are o tensiune de 10...20 kV față de anod. Focalizarea și dirijarea fasciculului se face cu un sistem de lentile magnetice. Picăturile de metal topit cad într-un cristalizator de cupru răcit cu apă (fig. 89). Puterea specifică atinge 1000 kW/cm²; se topesc metale foarte greu fuzibile și chimic active

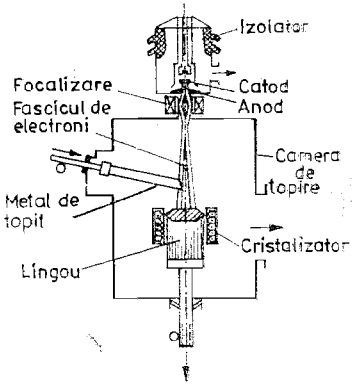
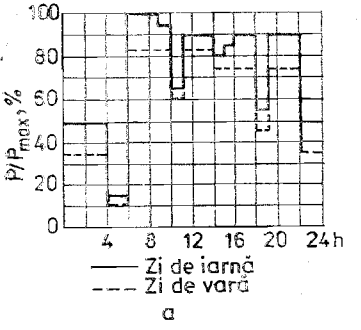


Fig. 89

(Zr, Be, V, Hf, Nb, Mo, Ta, W, Re). instalațiile industriale avînd puteri de 1...2 MW. *C. electrolitice de extragere a aluminiului* dezvoltă temperaturi de 900...1 000°C, la trecerea curentului continuu de electroliză prin baia de alumină dizolvată în criolit topit (→ *aluminiu*).

curbă de magnetizare, reprezentare grafică a dependenței dintre inducția magnetică B și intensitatea cîmpului magnetic H, pentru un anumit material. La corpurile dia- și paramagnetice **c.de m.** este o dreaptă; la materialele feromagnetice — o curbă cu saturație (la prima magnetizare). La magnetizări ciclice (alternative) dependența $B = f(H)$ este dată de curba de → *histerezis*. Practic, **c.de m.** se consideră *curba de primă magnetizare* și se ridică experimental.

curbă de sarcină, repezentare grafică a variației în timp a puterii produse de o centrală, transmise de o stație de transformare sau absorbite de un consumator într-un anumit interval de timp (*c.de s. zilnică* (fig. 90, a), *săptămînală*, *lunară* sau *anuală* (fig. 90, b)). Dacă se referă la puterea



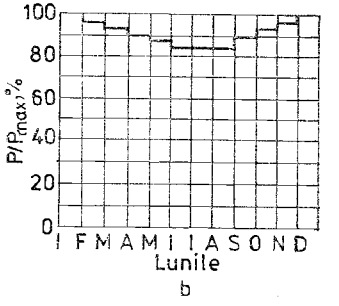


Fig. 90

reactivă — *c.de s. reactivă*. C.de s. se ridică experimental cu ajutorul wattmetrelor sau varmetrelor înregistratoare sau citind contoarele de energie la anumite intervale de timp (minute sau ore), în funcție de caracterul variației sarcinii (dacă sarcina variază rapid, intervalele trebuie să fie mai mici). Utilizarea rațională a energiei electrice impune *aplatizarea* **c.de s.** și decalarea vîrfurilor de putere de la consumator la consumator. Stimularea consumatorilor pentru aplatizarea **c.de s.** se face prin aplicarea *tarifului binom*, la care pe lîngă contravaloarea energiei consumate se mai aplică o taxă de putere maximă absorbită (lei/kW). Cu ajutorul **c.de s.** se determină: energia consumată în intervalul de timp t_c, $E = \int_0^{t_c} p\,dt$ (proporțională cu suprafața cuprinsă între **c.de s.** și axa abciselor); puterea medie $P_{med} = E/t_c$; coeficientul de sarcină $k_{us} = P_{med}/P_{max}$; coeficientul de utilizare a puterii instalate $k_{ui} = P_{med}/P_i$, unde P_i este puterea instalată totală; durata de utilizare a puterii maxime $T_u = E/P_{max}$.

curbă fotometrică, reprezentare în coordonate polare a intensității luminoase a unei surse de lumină în funcție de unghiul format de direcția în care se consideră intensitatea și axa de simetrie, $I_\alpha = f(\alpha)$ (fig. 91). De regulă **c.f.** ale corpurilor de iluminat sînt raportate la un flux luminos al sursei de 1 000 lumen. Dacă sursele de lumină sînt asimetrice, sînt date mai multe **c.f.** pentru diferite plane.

curbe izocandele, curbe de egală intensitate luminoasă, reprezentate în coordonate sferice α și φ pe o suprafață plană (de regulă, o emisferă obținută printr-o proiecție care conservă ariile), pe care sînt trasate curbe meridiane și paralele. Se utilizează pentru caracterizarea surselor de lumină asimetrice.

curbe izolux, locuri geometrice ale punctelor unei suprafețe de utilizare, care au aceeași iluminare. Se folosesc, în special, la calculul iluminatului exterior.

curbe în V, caracteristici, de forma literei V, care dau dependența curentului de sarcină I de curentul de

excitație i_e la o mașină sincronă, determinate pentru tensiune, frecvență și putere constante. Caracteristicile $\cos\varphi = f(i_e)$, în aceleași condiții, au de asemenea forma literei V, dar cu vîrful în sus *(→ mașină sincronă)*.

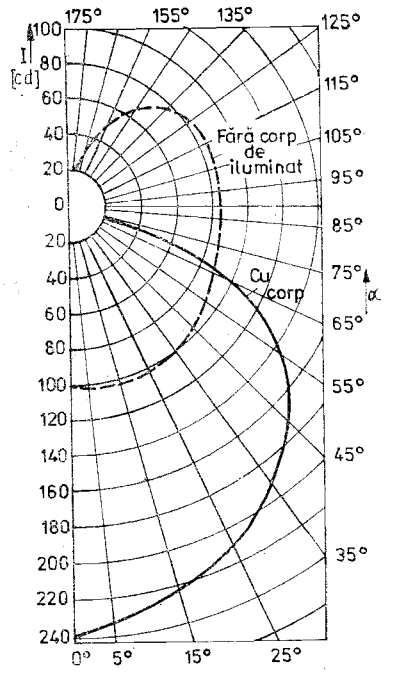


Fig. 91

curent, intensitate a curentului electric.

curent activ, componentă a curentului alternativ în fază cu tensiunea. Dacă tensiunea $u = \sqrt{2}U \sin \omega t$ are, în reprezentare complexă, fazorul $\underline{U}$, componenta activă a curentului, $i = \sqrt{2}\, I \sin(\omega t - \varphi)$, al cărui fazor I este defazat cu unghiul φ în urma tensiunii, are valoarea $I_a = I \cos \varphi$ (fig. 92). Sin. *curent wattat.*

curent de conducție → curent electric.

curent de convecție → curent electric.

curent de deplasare → curent electric.

curent de magnetizare → curent de mers în gol.

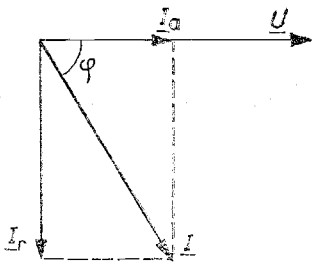


Fig. 92

curent de menținere, cea mai mică valoare a curentului staționar la care un tiristor sau triac rămîne încă în stare de conducție. Dacă curentul prin tiristor sau triac scade la o valoare mai mică decît **c.de m**, acestea se blochează *(→ tiristor).*

curent de mers în gol, curent prin înfășurarea primară a unui transformator cu secundarul deschis (în gol) sau curentul luat de la rețea de un motor cînd sarcina mecanică la arbore este nulă (cuplul rezistent este dat numai de pierderile mecanice; dacă și acesta este nul — *c.de m. în g. ideal*). În curent alternativ sinusoidal **c.de m. în g.** are două componente: componenta *reactivă (curentul de magnetizare)*, I_{0r}, care produce fluxul magnetic, și componenta *activă*, I_{0a}, ce corespunde pierderilor de mers în gol (pierderi în fier și, la mașini rotative, pierderi mecanice); $I_0 = \sqrt{I_{0a}^2 + I_{0r}^2}$. **C.de m. în g.** la un transformator reprezintă 1...10% din curentul nominal; la motoarele asincrone, $I_0 = (0{,}2 \ldots 0{,}5)\, I_n$, din cauza întrefierului mare și a pierderilor mecanice (valorile mai mari se referă la mașini mici).

curent de pornire, curent luat de la rețea de un motor în perioada *→ pornirii.*

curent de scurtcircuit, curent dintr-un circuit la care s-a produs un *→ scurtcircuit*, prin atingerea unor conductoare aflate sub tensiuni diferite sau prin punere la pămînt, rezistența respectiv impedanța scăzînd la valori apropiate de zero. La producerea unui scurtcircuit, la început apare un regim tranzitoriu, caracterizat, în curent alternativ, de suprapunerea a două componente a **c.de s.**, *aperiodică*, i_{ap}, și *periodică*, i_p, după care regimul de scurtcircuit devine staționar (permanent), prin amortizarea componentei aperiodice. Amplitudinea maximă a **c.de s.** se numește *curent de șoc* (fig. 93). Curentul de șoc

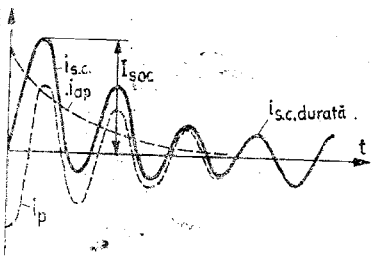


Fig. 93

apare după o jumătate de perioadă (la 50 Hz după 0,01 s) și determină solicitările dinamice ale conductelor și înfășurărilor mașinilor electrice. *C.de s. de durată* (periodic) apare, în general, după 0,2 s și determină solicitările termice. La *generatoarele sincrone* **c.de s.** de durată este dependent de curentul de excitație. **C. de șoc** al generatorului reprezintă cea mai mare valoare posibilă a curentului din înfășurarea indusului care apare prin scurtcircuitarea bruscă și simultană a bornelor celor trei faze, la turația și excitația nominală. Cazul cel mai nefavorabil apare cînd scurtcircuitul brusc se produce în momentul cînd tensiunea indusă în faza considerată este zero (fluxul inductor e maxim). Deoarece regimul tranzitoriu de scurtcircuit brusc e determinat, în primă etapă, de parametrii circuitului de amortizare componenta *supratranzitorie* a **c.de s.** fiind dată de *→ reactanța supratranzitorie*, **c. de șoc** este diferit la generatoarele cu poli aparenți și la cele cu poli înecați: $I_{șoc} = 18 I_n$ la turbogeneratoare (reactanță supratranzitorie mică); $I_{șoc} = (5 \ldots 8) I_n$ la hidrogeneratoare (cele prevăzute cu înfășurare de amortizare au reactanță supratranzitorie mai mică, deci curent de șoc mai mare). La **transformatoare c.de s.** de durată este determinat de *impedanța de scurtcircuit* (care înglobează rezistența și reactanța de scăpări echivalentă a înfășurărilor) și are valori de $I_{sc} = (16 \ldots 25) I_n$. Curentul de șoc $I_{șoc} = k_ș \sqrt{2} I_{sc}$, $k_ș = 1{,}7 \ldots 1{,}85$ la transformatoare mari și $k_ș = 1{,}2 \ldots 1{,}3$ la cele mici. La **rețele** calculul **c.de s.** este necesar pentru dimensionarea și alegerea echipamentului electric. Scurtcircuitele simetrice (trifazice) produc cele mai mari solicitări dinamice și termice. **C.de s.** simetric, de durată este $I_{sc} = U_f/Z$, unde U este tensiunea de fază și Z impedanța unei faze pînă la locul scurtcircuitului (în care intră impedanța sistemului, a transformatorului, eventual a reactoarelor de limitare a **c.de s.** și a liniei). Factorul curentului de șoc $k_ș$ depinde de raportul R/X și este cu atît mai mare cu cît rețeaua are un caracter mai inductiv (este de putere mai mare; la sarcini pur inductive $k_ș = 2$). Siguranțele fuzibile, de protecție, pot întrerupe **c.de s.** înainte ca acesta să atingă valoarea maximă (de șoc). **C.de s.** asimetrice (bifazice și monofazice) stau la baza dimensionării protecției prin relee și a instalațiilor de legare la pămînt de protecție.

curent de șoc → curent de scurtcircuit.

curent dewattat, curent reactiv.

curent electric. 1. Fenomenul de deplasare a sarcinilor electrice într-o direcție preferențială. Sarcinile în mișcare pot fi electroni, ioni sau o combinație a acestora. C.e. se stabilește dacă se aplică o tensiune la bornele unui circuit închis sau dacă într-un circuit închis există o tensiune electromotoare. Dacă mișcarea sarcinilor se face într-un singur sens **c.e** este *continuu*; dacă deplasarea este în ambele sensuri **c.e.** este *alternativ*. Dacă **c.e.** conține o componentă continuă și una alternativă, se numește *curent pulsator (ondulat)*. **C.e.** condiționează producerea unor fenomene ca: transformarea energiei electrice în căldură în conductoarele parcurse de **c.e.** *(efect termic* sau → *efect Joule)*; apariția de forțe asupra conductoarelor străbătute de **c.e.** aflate în cîmp magnetic (forțe electromagnetice și forțe electrodinamice); apariția unui cîmp magnetic (rotațional) în jurul conductoarelor parcurse de **c.e.** (cîmpul magnetic rotațional poate fi produs și de variația în timp a fluxului electric — *curentul de deplasare)*; transportul de substanță (electroliză), în cazul cînd purtătorii de sarcină care determină **c.e.** continuu sînt ionii dintr-o soluție sau topitură. **C.e.** ghidează, prin conductoarele pe care le străbate, transportul de energie electrică prin cîmpul electromagnetic pe care îl condiționează. *Curentul de conducție* se referă la mișcarea purtătorilor liberi (electroni liberi, ioni în electroliți sau gaze, goluri în semiconductoare), în raport cu corpurile care îi conțin. Substanțele care pot fi sediul **c.e.** de conducție sînt caracterizate de → *conductivitate electrică (→ conducție electrică)* și sînt guvernate de → *legea conducției electrice (legea lui Ohm). Curentul de convecție* se referă la mișcarea purtătorilor de sarcină odată cu corpurile care îi conțin. *Curentul de deplasare* apare atunci cînd variază în timp fluxul electric (de ex., **c.e.** alternativ care se stabilește printr-un condensator, în interiorul căruia nu există nici curent de conducție, nici de convecție). Curenții *moleculari (amperieni)* se referă la mișcarea pe orbite închise a purtătorilor legați (de un atom sau moleculă), sau la mișcarea de rotație proprie (de spin) a particulelor elementare. Noțiunea a fost introdusă de Ampère pentru explicarea magnetismului corpurilor. **2.** Mărimea scalară **I** (**i**) care măsoară viteza de transmitere a sarcinii electrice Q printr-o suprafață dată S *(intensitatea c.e.)*, $I = \frac{dQ}{dt} = \int_S \bar{J}\,\overline{ds}$, unde $\bar{J}$ este vectorul densitate de curent. Se obișnuiește să se noteze cu literă mare (I) **c.e.** constant în timp și cu literă mică (i), **c.e.** variabil. Sensul **c.e.** se adoptă după regula de → *asociere a sensurilor pozitive*.

curent operativ, curent folosit în centrale și stații (de transformare, de conexiuni) pentru acționarea sistemelor de comandă, protecție, semnalizare a instalațiilor electroenergetice. **C.o.** poate fi *continuu* sau *alternativ*. **C.o.** continuu este furnizat de baterii de acumulatoare care funcționează în tampon cu redresoare de încărcare; **c.o.** alternativ este dat de transformatorul de servicii proprii. **C.o.** continuu dă siguranță mai mare, motiv pentru care este preferat în stațiile importante, dar este mai costisitor și reclamă întreținerea bateriilor; **c.o.** alternativ asigură un cost mai redus, se pretează la automatizări complete (stații fără personal permanent de exploatare), dar este dependent de tensiunea din sistem.

curent primar → transformator.

curent reactiv, componentă a curentului alternativ defazată cu 90° ($\pi/2$) față de tensiune; $I_r = I \sin \varphi$ (fig. 92), $\bar{I} = \bar{I}_a + \bar{I}_r$, I_a fiind componenta activă a curentului. **C.r.** dintr-un circuit inductiv (de ex., cu motoare și aparate de curent alternativ, transformatoare etc) se numește *curent inductiv*; **c.r.** dintr-un circuit capacitiv (de ex., cu condensatoare sau motoare sincrone supraexcitate) se numește curent capacitiv. **C.r.** încarcă suplimentar rețeaua și aparatele de comutație, care trebuie supradimensionate față de cazul cînd curentul ar avea numai componentă activă, corespunzătoare puterii active. Sin. *curent dewattat*.

curent secundar → transformator.

curent wattat, curent activ.

curenți de circulație. 1. Curenți ce se stabilesc în înfășurările rotorice ale motoarelor asincrone conectate între ele, la → *arborele electric*. **2.** Curenți care apar la unele acționări reversibile de curent continuu cu tiristoare, la care un mutator lucrează ca redresor, iar celălalt ca invertor. Dacă mașina de curent continuu funcționează ca motor, redresorul este activ, iar invertorul pasiv și viceversa. **C.de c.** se închid între cele două mutatoare, prin transformatoare și tiristoare, fără a trece prin motor, fiind limitați de bobine de reactanță prevăzute special în acest scop. **C.de c.** produc pierderi suplimentare în înfășurări și în tiristoare, dar au și un efect pozitiv, asigurînd un regim de curent neîntrerupt. Funcționarea fără **c.de c.** apare la sistemele reversibile la care unul din mutatoare este blocat (tiristoarele nu primesc impulsuri de comandă).

curenți Foucault, curenți turbionari.

curenți moleculari → curent electric.

curenți turbionari, curenți de inducție care apar în corpuri conductoare masive aflate în cîmp magnetic variabil sau care se deplasează într-un cîmp magnetic. **C.t.** produc pierderi de energie prin efect termic *(pierderi prin c.t.)*, care contribuie la încălzirea mașinilor electrice și la micșorarea randamentului. Reducerea pierderilor prin **c.t.** se obține prin confecționarea circuitelor magnetice din *tole* de oțel aliat cu siliciu (tablă silicioasă, cu rezistivitate mare) și prin *transpunerea* (transpoziția) conductoarelor de bobinaj de secțiune mare, fracționate în felii paralele (conductor *Roebel*). **C.t.** se utilizează la încălzirea prin inducție și la unele tipuri de mașini electrice (motoare asincrone cu rotor masiv, motoare liniare, frîne cu **c.t.** etc.).

curenți vagabonzi (curenți de dispersie), curenți dispersați în pămînt, proveniți de la un conductor aflat în mod normal sub tensiune (în exploatare). De ex. în tracțiunea electrică cu șine (tramvaie, trenuri electrice) curentul de întoarcere trece prin șine numai în dreptul substației și în apropierea vehiculului; în rest, acesta părăsește șinele și se dispersează în pămînt sub formă de **c.v.** **C.v.** produc → *tensiuni de pas* și → *tensiuni de atingere* între șine și sol, care pot avea valori periculoase, îndeosebi la scurtcircuit. În curent continuu **c.v.** produc → *coroziunea electrolitică* a pieselor metalice subterane. Micșorarea **c.v.** se obține prin reducerea rezistenței căii cu șine folosind conexiuni de joantă sau cu ajutorul → *transformatoarelor sugătoare* (la tracțiunea în curent alternativ).

cușca lui Faraday → ecranare.

cutie decadică, cutie de rezistoare de precizie compusă dintr-un număr de șiruri de 10 rezistoare egale (de ex., $10 \times 1\Omega$, $10 \times 10\Omega$, $10 \times 100\Omega$, $10 \times 1000\Omega$).

cutie de branșament, coîret.

cutie de capacități, cutie de condensatoare de precizie, cu unghi mic de pierderi ($\operatorname{tg} \delta = 5 \cdot 10^{-4}$), care pot fi conectate în paralel pentru obținerea unei capacități variabile, în trepte, de valoare cunoscută.

cutie de derivație, doză.

cutie de inductivități (de inductanțe), cutie cu bobine de reactanță etalonate, care pot fi conectate în serie pentru obținerea unei inductivități variabile, în trepte.

cutie de rezistoare, cutie cu rezistoare de precizie, care pot fi conectate în serie printr-un dispozitiv de comutare (cu fişe, cu ploturi şi manete etc.), în scopul obţinerii unei rezistenţe variabile, în trepte, de valoare cunoscută. Rezistoarele sînt bobinate şi au inductivităţi şi capacităţi proprii reduse; precizia **c.de r.** uzuale este de 0,02%.

cutie terminală, armătură folosită la închiderea unui cablu în locul de legare a acestuia la un alt sistem de conductoare. Protecţia capătului de cablu împotriva acţiunilor mediului exterior se face prin intermediul unei carcase de metal, porţelan, sticlă, material plastic, răşini, elastomeri sau o combinaţie a acestora. Conductoarele cablului se conectează, de regulă, la bornele **c.t.** cu şurub sau se îmbină prin cositorire, iar în interiorul **c.t.** se introduce o masă izolantă, de compundare. La unele **c.t.** masa izolantă este suficient de rigidă şi rezistentă încît nu mai este necesară carcasa. Există **c.t.** pentru interior şi pentru exterior, pentru cabluri armate şi nearmate, pentru cabluri sub 1 kV şi peste 1 kV, pentru 1, 2, 3, 4 sau mai multe conductoare, pentru cabluri de semnalizare şi pentru cabluri de telecomunicaţii. Sin. *cap terminal*, *cap de cablu*.

cuvă. **1.** Recipient metalic umplut cu ulei în care se montează subansamblul transformatoarelor, întreruptoarelor cu ulei mult, reostatelor etc. **2.** Parte a unui cuptor electric vertical (de ex., la cuptoarele de inducţie cu canal), de formă paralelipipedică, cilindrică sau tronconică, în care se află încărcătura (şarja). La cuptoarele de topire, **c.** este alcătuită din trei sau mai multe straturi: mantaua metalică exterioară cu structura de rezistenţă (carcasa), stratul termoizolant şi peretele de zidărie refractară rezistentă la solicitările termice şi mecanice date de materialul topit.

D

d, simbol pentru capsulare antideflagrantă.

dB, decibel (→ *atenuare*).

D, simbol pentru conexiunea triunghi.

D, simbol pentru → **inducţia electrică**.

DA, simbol pentru durata relativă de funcţionare activă.

date nominale, mărimi pentru care sînt proiectate şi construite instalaţiile, maşinile şi echipamentele electrice. Cele mai importante **d.n.** sînt: *tensiunea nominală*, a cărei depăşire poate periclita izolaţia (de ex., tensiunile nominale la reţelele trifazate sînt: 330/220 V; 660/380 V; 6; 10; 20; 35; 110; 220; 400 kV); *curentul nominal*, a cărui depăşire poate provoca încălziri inadmisibile (de ex., curenţii nominali ai echipamentelor electrice se obţin, în general, din seria: 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3 şi 8 A prin înmulţirea cu 10^n, $n = \pm 1, 2, 3 \ldots$); *puterea nominală*, pentru care a fost dimensionată instalaţia sau maşina electrică şi care se obţine în condiţii nominale (tensiune nominală, curent nominal). Puterea nominală reprezintă: la motoare electrice — puterea mecanică utilă la arbore; la generatoare — puterea electrică la borne (la generatoare de curent alternativ şi la transformatoare puterea nominală este o putere aparentă, obţinută, în monofazat, prin înmulţirea tensiunii nominale cu valoarea curentului nominal); la transformatoare — puterea la bornele secundare (puterea debitată); *frecvenţa nominală* (frecvenţa industrială nominală este de 50 Hz, în majoritatea ţărilor; pe continentul american şi, parţial, în Japonia ea are valoarea de 60 Hz). Alte **d.n.** se referă la factorul de putere, randament, turaţie, curent de excitaţie, servici de funcţionare etc.

Davy, Sir Humphry (1778—1829), chimist şi fizician englez. Fondator al teoriei electrochimice. A studiat acţiunile fiziologice ale gazelor prin experienţe făcute asupra propriului său corp. Cu ajutorul unei baterii de 2000 de elemente galvanice (obţinute prin liste de subscripţie) a făcut numeroase experienţe electrochimice. În 1803 a efectuat prima electroliză. Folosind electroliza, a făcut descompuneri chimice, descoperind succesiv sodiul, potasiul, bariul, litiul, calciul, magneziul şi borul. A supus electrolizei săruri topite. A evidenţiat, în 1807, existenţa aluminiului în pămînturile argiloase, obţinînd prin electroliza argilei un aliaj de FeAl. Împreună cu Faraday a făcut determinări cantitative ale produselor de electroliză şi lichefieri de gaze. În 1810, concepe şi experimentează în laborator un cuptor electric cu rezisteare, iar în 1811, descoperă arcul electric şi produce lumină cu ajutorul unui fir de platină încălzit la incandescenţă cu ajutorul curentului electric. Inventează (1815) lampa de siguranţă pentru mineri, cu sită metalică fină (120 ochiuri pe cm^2), care evită exploziile date de gazul metan din mină (grizu). Foloseşte pentru prima dată acetilena.

decibel, dB, unitate de măsură a atenuării sau amplificării.

declanşare, operaţie de deschidere rapidă a unui mecanism prin elibe-

rarea unei energii acumulate în prealabil (de ex., energia potențială a unui resort armat, la deschiderea unui întreruptor automat).

declanșator, dispozitiv care, la modificarea unei mărimi fizice pe care o supraveghează (curent, tensiune etc.), acționează printr-un impuls mecanic direct asupra mecanismului de declanșare a unui întreruptor automat (de regulă de joasă tensiune). **D.** sînt denumite impropriu relee directe. Spre deosebire de relee, care acționează pe cale electrică asupra mecanismului întreruptorului închizînd sau deschizînd niște contacte, **d.** produc direct deszăvorîrea mecanismului cu resort de deconectare tensionat. *D. primare* (directe) sînt influențate direct de mărimea supravegheată (de ex., curentul de sarcină parcurge bobina de declanșare); *d. secundare* (indirecte) sînt alimentate de transformatoare de măsură de curent sau de tensiune. **D.** pot fi maximale de curent (instantanee sau temporizate), maximale diferențiale, de tensiune (pentru absența sau scăderea tensiunii), de curent de defect, de curent invers etc. După principiul de funcționare, **d.** pot fi electromagnetice, termice, electronice sau mecanice. *D. electromagnetic* constă dintr-un electromagnet al cărui armătură mobilă exercită o forță asupra unui resort reglabil; la creșterea curentului prin bobină (de ex., de 6...10 ori curentul nominal) este învinsă forța resortului și se produce deszăvorîrea întreruptorului (protecție la scurtcircuit). *D. termic* (cu bimetal), spre deosebire de releul termic, acționează mecanic asupra întreruptorului. La *d. termic cu clichet* (fig. 94) prin închiderea întreruptorului se armează resortul clichetului *C*, care apasă pe o camă obținută prin frezarea unui ax, *A*. Dacă temperatura bimetalului depășește o anumită valoare, orța acestuia rotește axul, clichetul fe eliberează, iar resortul trage zăvorul, *Z*, al mecanismului de declanșare a întreruptorului (protecție la suprasarcini). *D. electronic* prelucrează mărimea sesizată (de ex., curentul unui motor dat de un transformator de curent sau șunt, temperatura unui motor sesizată de un termistor) în

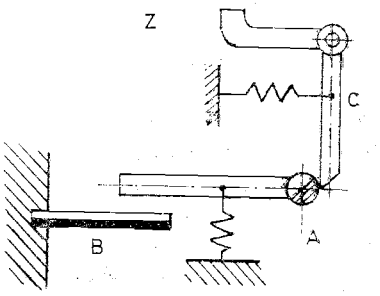


Fig. 94

circuite electronice. *D. mecanice* limitează anumite mărimi mecanice (de ex., presiunea sau nivelul unui lichid) la o valoare prescrisă. Întreruptoarele moderne au *d. combinate*, de ex., *d. termic temporizat* (pentru protecția la suprasarcini) și *d. electromagnetic*, cu acțiune instantanee la scurtcircuit.

declivitate → **rampă**.

deconectare → **întrerupere a circuitului**.

decrement logaritmic → **amortizare**.

decroșare, desprindere.

decuplare, separare galvanică a două circuite cu ajutorul unui → *separator*.

decuvare, scoatere a unui aparat sau transformator din cuva cu ulei în vederea reparației. **D.** transformatoarelor se face cu ajutorul unor macarale amplasate în *turnuri de* **d.** sau pe *portaluri de* **d.**

defazaj, diferență dintre fazele a două mărimi sinusoidale de aceeași frecvență $x_{1,2} = x_{m1,2} \sin(\omega t + \varphi_{1,2})$, sau diferența a fazelor inițiale φ_1 și φ_2. Două mărimi sînt defazate cînd valoarea zero (sau valoarea maximă) nu apare concomitent, $\varphi_1 \neq \varphi_2$. Dacă

$\varphi_1 > \varphi_2$, mărimea 1 este defazată înaintea mărimii 2 și invers. Dacă $\varphi_1 = \varphi_2$, cele două mărimi sînt în *fază*. Cosinusul unghiului de **d.** dintre tensiune și curent ($\cos\varphi$), în regim sinusoidal, la circuite monofazate sau trifazate simetrice reprezintă *factorul de putere* al circuitului, egal cu raportul dintre puterea activă și puterea aparentă, $\cos\varphi = P/S$. Sin. *diferență de fază*.

defectoscopie electromagnetică, detectare nedistructivă a defectelor din piese feromagnetice cu ajutorul curentului electric *(defectoscopie electrică)*, a cîmpului magnetic *(defectoscopie magnetică)* sau prin combinarea acestor procedee (**d.e.**). Cîmpul magnetic, respectiv curentul electric trece prin piesa de cercetat, pe suprafața căreia se presară pilitură de fier. Printr-o ușoară ciocănire pilitura se orientează în lungul liniilor de cîmp; în dreptul golurilor din piesă pilitura e rară, iar la marginea lor e deasă. Există aparate de **d.e.** care sesizează defectele în timpul funcționării pieselor (de ex., detectarea firelor rupte dintr-un cablu al unei instalații de ridicat, cum ar fi mașina de extracție minieră).

degivrare, operație de înlăturare a chiciurei sau a straturilor de gheață de pe conductoarele liniilor electrice aeriene. **D.** se poate face pe cale mecanică sau pe cale electrică, prin trecerea unui curent intens, de scurtă durată, pentru încălzirea conductoarelor. La depuneri mari de chiciură, consumul de energie necesar **d.** este de 100...150 kWh/km.

deion, sistem folosit la deionizarea și stingerea arcului electric din aparatele de comutație de înaltă tensiune.

deionizare, reducere a numărului de purtători de sarcină electrică (electroni și ioni) prin recombinarea lor, încetinirea emisiei de electroni și a ionizării, răcirea coloanei arcului, alungirea coloanei etc., în scopul stingerii arcului electric (→ *cameră de stingere*).

delco (impropriu), distribuitor.

demagnetizare, proces de trecere a unui corp feromagnetic din starea de magnetizare într-o stare neutră, în care intensitatea cîmpului magnetic, inducția magnetică și magnetizația sînt nule. **D.** se poate face prin suprimarea cîmpului magnetic exterior (la materialele feromagnetice moi), prin încălzirea la temperaturi superioare punctului Curie (la oțel 740...770°C), sau prin introducerea într-un cîmp magnetic alternativ de amplitudine descrescătoare (la materialele magnetic dure). Ultimul procedeu se aplică la ștergerea înregistrărilor magnetice. **D.** magneților permanenți poate apărea prin îmbătrînire.

demaror, motor de curent continuu cu excitație în serie utilizat la pornirea motoarelor termice, pe care le antrenează la turații de 40...80 rot/min (la aprinderea prin scînteie) sau de 100...200 rot/min (la motoarele diesel). La pornire pinionul de atac al **d.** este cuplat cu coroana dințată de pe volantul motorului termic. Pentru asigurarea unui cuplu electromagnetic de valoare mare, în special la pornirea motoarelor din stare rece, **d.** absoarbe de la bateria de acumulatoare un curent de intensitate mare (100...1 000 A, în funcție de puterea **d.**). Conectarea **d.** la baterie se face prin întreruptoare acționate direct, sau, mai recent, prin contactoare. Cuplarea **d.** la coroana dințată se face prin sisteme *inerțiale* (cu ax filetat Bendix), *electromagnetic* (prin deplasarea axială a rotorului de către forțele electromagnetice exercitate de cîmpul magnetic al statorului) sau prin *cuplaje mecanice*, acționate cu pedală sau cu electromagneți.

densitate de curent (J), mărime vectorială al cărei flux printr-o suprafață oarecare este egal cu intensitatea

curentului ce străbate acea suprafață, $i = \int_S \bar{J}\,\overline{dA}$. La o repartiție uniformă a curentului, **d.de c.** este egală cu intensitatea curentului ce trece prin unitatea de suprafață transversală, $J = i/A$. *D.de c. de conducție* este egală cu produsul dintre densitatea de sarcină electrică liberă ρ și viteza de deplasare a acesteia, v, $J = \rho v$. *D.de c. de deplasare* este egală cu derivata parțială în raport cu timpul a inducției electrice, D, $J = \frac{\partial D}{\partial t}$.**D. de c.** este determinantă pentru încălzirea conductoarelor străbătute de curent (pierderi în cupru) și se adoptă la valori de ordinul amperilor pe mm², în funcție de material (cupru, aluminiu, oțel), de posibilitățile de răcire și de temperatura maximă admisă de izolație. La procesele electrochimice (electroliză), **d.de c.** influențează randamentul și fenomenele secundare. **D.de c.** se exprimă în amperi pe metru pătrat (A/m²).

densitate de energie electromagnetică, (w), densitate de volum a energiei electrice ($ED/2$) și magnetice ($HB/2$), $w = ED/2 + HB/2$, unde E este intensitatea cîmpului electric, D — inducția electrică, H — intensitatea cîmpului magnetic, B — inducția magnetică. Se exprimă în jouli pe metru cub (J/m³).

densitate de sarcină electrică, mărime scalară a cărei integrală de volum (la densitatea volumetrică), respectiv de suprafață (la densitatea superficială) reprezintă sarcina **totală** din volumul considerat, respectiv de pe suprafața dată, $q = \int_V \rho\,dv$; $q = \int_S \rho\,dA$. La o repartiție uniformă, **d.de s.e.** reprezintă sarcina ce revine unității de volum (de suprafață). Se exprimă în Cm^{-3}, respectiv Cm^{-2}. Sin. *sarcină specifică*.

deparazitare, ansamblu de măsuri luate pentru prevenirea, diminuarea sau înlăturarea paraziților radiofonici sau a perturbațiilor la recepționarea emisiunilor de radio și televiziune. Paraziții reprezintă unde electromagnetice de înaltă frecvență care însoțesc scînteile sau arcul electric la întreruptoare, colectoare de mașini electrice, bujii, startere de lămpi fluorescente, generatoare industriale de înaltă frecvență (de ex., aparate de sudare a maselor plastice) etc. Intensitatea paraziților se apreciază prin măsurarea intensității cîmpului electric și se normează valori maxime admise pentru diferite benzi de frecvență. De ex., la autovehicule, paraziții trebuie limitați la valori de 500 μV/m în gama de frecvențe de 30...300 MHz. **D.** autovehiculelor se face prin utilizarea de rezistențe amortizoare în serie cu bujiile (valori de 5...10 kΩ), filtre de **d.** cu bobine și condensatoare sau prin ecranarea pieselor sau a întregii instalații de aprindere. La mașinile electrice cu colector, în special la motoarele universale (monofazate cu colector) ale aparatelor electrocasnice (aspiratoare, mașini centrifuge etc.) se aplică *alimentarea simetrică* (fig. 95) și *condensatoare de d.* (fig. 96). La frecvențele mari ale paraziților reactanța capacitivă este foarte mică, încît condensatoarele scurtcircuitează, practic, bornele receptorului pentru oscilațiile de înaltă frecvență, împiedicîndu-le să

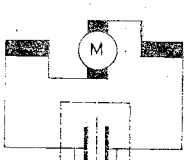


Fig. 95

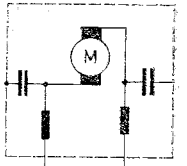


Fig. 96

se transmită, prin rețeaua de alimentare, la receptoarele de radio și televiziune.

deplasare electrică, inducție electrică.

deplasarea neutrului, tensiunea U_0 dintre punctul neutru al generatorului și punctul neutru al unei sarcini trifazate conectate în stea (fig. 97).

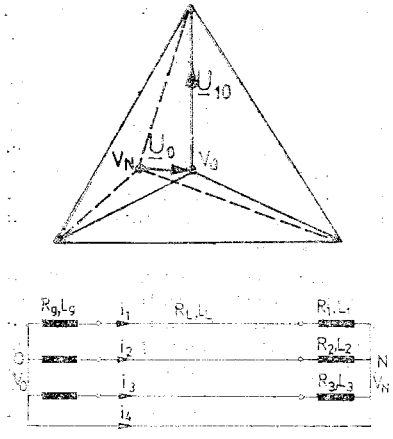


Fig. 97

La o sarcină fără cuplaje inductive între faze, **d.n.** este dată de relația: $\underline{U}_0 = \underline{V}_0 - \underline{V}_n = \frac{\underline{U}_{10}\underline{Y}_1 + \underline{U}_{20}\underline{Y}_2 + \underline{U}_{30}\underline{Y}_3}{\underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3 + \underline{Y}_4}$, în care $\underline{Y}_1$, $\underline{Y}_2$, $\underline{Y}_3$ sînt admitanțele totale pe cele trei faze, $\underline{Y}_4$ — admitanța conductorului neutru, $\underline{U}_{10}$, $\underline{U}_{20}$, $\underline{U}_{30}$ — tensiunile de fază ale sursei. **D.n.** se produce la o sarcină nesimetrică; în cazul sarcinilor echilibrate, **d.n.** se anulează. În → *componente simetrice*, **d.n.** este egală cu componenta omopolară a tensiunilor de fază ale sarcinii.

depolarizant, substanță folosită pentru reducerea sau eliminarea polarizării electrozilor în procesele electrochimice. La pilele galvanice ca **d.** se folosește dioxidul de mangan.

depolarizare, eliminarea sau reducerea polarizării electrozilor prin înlăturarea produselor de electroliză de pe electrozi cu ajutorul unor substanțe (depolarizanți) care intră în reacție chimică cu elementele eliberate (reducere, la catod, și oxidare, la anod).

depolarizarea dielectricilor, operație de aducere a unui corp polarizat electric într-o stare în care intensitatea cîmpului electric, inducția electrică și polarizația electrică sînt nule. **D.d.** se face prin suprimarea cîmpului electric exterior sau prin introducerea într-un cîmp electric alternativ descrescător (la dielectricii care prezintă fenomenul de histerezis).

depreciere, înrăutățire progresivă în timp a caracteristicilor unui echipament. **D.** instalațiilor de iluminat electric este cauzată de depunerea vaporilor de wolfram pe balon, în urma vaporizării acestuia, de deteriorarea substanțelor fluorescente sau de murdărirea corpurilor de iluminat. În calculele de iluminat se folosește *factorul de* **d.**, care este raportul dintre fluxul luminos util diminuat în timpul exploatării și fluxul luminos util inițial, $\Delta = \Phi_u/\Phi_{ui} < 1$.

Deprez, Marcel (1843—1918), electrotehnician francez. Profesor la Conservatorul de Arte și Meserii din Paris. A imaginat o serie de aparate de măsurat. În 1880, a inventat wattmetrul, iar în 1882, împreună cu Arsène d'Arsonval (1851—1940) a realizat galvanometrul clasic cu cadru mobil. A dat soluții în transportul energiei electrice la distanță.

deranjament (într-un sistem energetic), perturbație în funcționarea normală a echipamentului și a instalațiilor, care are ca urmare întrerupere temporară a calității energiei electrice furnizate sau întreruperea alimentării unor consumatori. **D.** se iau în considerare la aprecierea fiabilității sistemului.

derivație, ramificație la un circuit, rețea sau conductă electrică. Legare în **d.** — legare în paralel. Excitație în **d.** — excitație a cărei înfășurare este conectată în paralel cu indusul mașinii.

descărcare 1. (la un acumulator sau la un element galvanic). Transformare a energiei chimice în energie electrică de curent continuu — *curent de* **d.** În timpul **d.** tensiunea la bornele acumulatorului variază după *caracteristica de* **d.**; tensiunea la sfîrșitul perioadei de **d.** nu trebuie să scadă sub o anumită limită (la acumulatorul cu plumb 1,8 V/element) pentru ca bateria să-și mențină capacitatea. Capacitatea acumulatorului scade față de cea nominală dacă curentul de **d.** este mai mare decît cel nominal. **2.** (la un condensator). Neutralizarea sarcinilor de pe armăturile unui condensator încărcat prin conectarea la un circuit exterior — circuit de **d.** Regimul de **d.** decurge în funcție de valorile rezistenței R și inductivității L din circuitul de **d.**, ca și de valoarea capacității C a condensatorului. Dacă rezistența are valoare suficient de mare, $R > \sqrt{4L/C}$, **d.** este *aperiodică*, curentul de **d.** este dat de relația $i = i_1\exp(-\alpha t)\mathrm{sh}\,\beta t$, în care $i_1 = U_{c0}/(\beta L)$; U_{c0} — tensiunea la bornele condensatorului la momentul $t = 0$; $\alpha = R/(2L)$ — amortizarea; $\omega = j\beta = \sqrt{1 - R^2C/(4L)}/\sqrt{LC}$ — pulsația oscilațiilor libere. Dacă $R = \sqrt{4L/C}$, durata de amortizare este *minimă*, $i = i_2\exp(-\alpha t)$, $i_2 = U_{c0}\,t/L$. Dacă rezistența este suficient de mică **d.** este *oscilantă*, curentul de **d.** are forma unei sinusoide amortizate, $i = i_3\exp(-\alpha t)\sin(\omega t)$, $i_3 = U_{c0}/(\omega L)$.

descărcare atmosferică, → *descărcare electrică* produsă prin străpungerea straturilor de aer datorită cîmpurilor electrice foarte intense care apar în timp de furtună ca urmare a separării sarcinilor electrice. Sarcinile electrice apar prin frecare (în timpul căderii picăturilor de apă) sau prin ionizarea produsă de radiațiile cosmice sau de radioactivitatea scoarței terestre. **D.a.** se poate produce între două zone atmosferice (nori) încărcate cu sarcini electrice de semn contrar *(fulgerul)* sau între un nor și pămînt *(trăsnetul)*. În lungul **d.a.** tensiunea este 30...200 MV (în funcție de lungimea descărcării), intensitatea curentului de descărcare 10...20 kA, iar durata 1...20 ms. Cercetarea **d.a.** în vederea dimensionării pe baze științifice a instalațiilor de → *paratrăsnet* se face cu diverse aparate înregistratoare. Aprecierea curentului de descărcare se face prin măsurarea remanenței magnetice a unor piese feromagnetice magnetizate de curentul ce trece prin conductorul paratrăsnetului în timpul **d.a.** la pămînt.

descărcare electrică (în gaze), trecerea curentului electric printr-un gaz datorită purtătorilor de sarcină (electroni liberi și ioni) formați prin ionizare. (Descărcarea electrică disruptivă în dielectrici solizi sau lichizi se numește → *străpungere*; descărcarea electrică disruptivă produsă în stratul gazos de la suprafața unui izolator se numește → *conturnare*). Ionizarea gazului se poate produce pe cale naturală (datorită radiațiilor cosmice sau radioactive) sau pe cale artificială (prin emisiune electronică, cu ajutorul razelor X etc.). Curentul de descărcare sporește ionizarea moleculelor prin ciocnirea acestora de către electroni, fotoni sau particule neutre rapide. În același timp apare o recombinare a purtătorilor sau o neutralizare la electrozi. **D.e.** sînt însoțite de efecte luminoase, acustice, termice și magnetice. Principalii parametri caracteristici ai unei **d.e.** sînt: temperatura și presiunea (densitatea) gazului, forma electrozilor și distanța dintre ei, concentrația purtătorilor de sarcină și ai atomilor excitați, densitatea curentului de descărcare, căderea de tensiune. **D.e.** pot fi de mai multe tipuri: *d.e. autonomă*.

independentă de existența unui agent ionizator extern, la care ionizarea se produce prin ciocniri, sub acțiunea cîmpului electric aplicat (de ex., la tuburile cu catod rece, cu descărcare luminiscentă în gaze nobile); *d.e. neautonomă (întreținută)*, la care descărcarea se produce numai atît timp cît există un factor ionizant extern, natural sau artificial *(d.e. obscură)*; *d.e. semiautonomă (Townsend)*, la care pe lîngă efectul agentului ionizant extern se produce și ionizare prin ciocniri (de ex., la → *lămpile fluorescente* cu catod cald); *d.e. staționară*, la care curentul și tensiunea sînt constante în timp sau variază periodic (de ex., *d.e. în arc*); *d.e. nestaționară*, în regim tranzitoriu, care poate fi continuă sau intermitentă (de ex., *d.e. în scînteie*); *d.e. de joasă presiune*, la care presiunea gazului este sub 100 Pa (de ex., la lămpile fluorescente de joasă presiune); *d.e. de înaltă presiune*, la care presiunea gazului este peste 100 Pa (de ex., lămpi cu vapori de sodiu sau de mercur de înaltă presiune, lămpi cu xenon etc.). Radiația **d.e.** are un spectru discontinuu (spectru de linii), spre deosebire de radiația termică, care are un spectru continuu. Ea se produce în urma ciocnirii atomilor cu electronii liberi accelerați de cîmpul electric. Dacă energia electronului este mică, ciocnirea are caracter elastic și, ca urmare, crește viteza de agitație termică a atomilor, deci crește temperatura gazului. Dacă energia electronilor liberi crește pînă la o anumită valoare (energie de rezonanță), ciocnirea cu atomii neutri modifică starea lor energetică, un electron periferic trece pe o altă orbită, căreia îi corespunde un nivel energetic superior, numit nivel de rezonanță *(ciocnire de excitație)*. Electronul excitat rămîne un timp foarte scurt în starea de excitație (cca 10^{-8}s), după care revine pe orbita sa inițială, emițînd energia de rezonanță corespunzătoare diferenței celor două stări energetice (finală și inițială) sub forma unei → *cuante de energie* sau *foton*. Frecvența radiației este dată de relația: $\Delta E = h\nu = hc/\lambda$, în care h este → *constanta* lui Planck, ν — frecvența radiației; c — viteza de propagare; λ — lungimea de undă. Atomul fiecărui element este caracterizat de niveluri de rezonanță proprii, iar trecerea pe unul din aceste nivelur de excitație nu este la fel de probabilă ca pe altele. Din această cauză diferite gaze sau vapori metalici emit radiații de frecvențe diferite, deci culoarea luminii este specifică fiecărui gaz (de ex., neon — roșie, heliu — galbenă, dioxid de carbon — albă etc.). O mare parte din radiații se află în afara spectrului vizibil, în special în ultraviolet. *Ciocnirile de ionizare* se produc atunci cînd electronul liber posedă o energie cinetică suficient de mare pentru a smulge electronul periferic al atomului, care devine ion pozitiv. Ciocnirea unui electron cu un ion este o *ciocnire de recombinare*. *D.e. de joasă presiune* trece prin mai multe faze. În funcție de tensiunea aplicată electrozilor și de curentul prin tub. La curenți de ordinul 10^{-4}A descărcarea este *obscură*: la valori de $10^{-3}...10^{-1}$A apare electroluminiscența sub forma *ieărire* în anumite zone ale tubului, care alternează cu zone întunecate (spațiul întunecat al lui Aston, pojghița luminoasă catodică, spațiul întunecat al lui Crookes, lumina negativă, spațiul întunecat al lui Faraday, lumina coloanei pozitive, spațiul întunecat anodic, lumina anodică). La curenți mai mari de 0,1 A catodul se încălzește ca urmare a bombardării lui de către ionii pozitivi, apare emisiunea termoelectronică, iar descărcarea trece în faza de descărcare în arc. Caracteristica voltampermetrică a unei **d.e.** la presiune joasă este prezentată în fig. 98. Lămpile cu **d.e.** utilizate în iluminatul electric folosesc îndeosebi lumina coloanei pozitive, în regimul de descărcare în arc. Deoarece procesul de ionizare din tuburile de descăr-

care este nestabil, avînd tendința de intensificare permanentă, ceea ce determină creșterea continuă a conductivității electrice a mediului, iar la

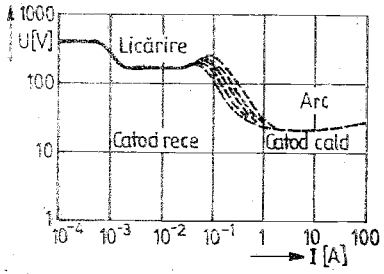


Fig. 98

o tensiune constantă aplicată electrozilor curentul poate crește la valori inadmisibile, este necesar ca în serie cu tubul să se conecteze o rezistență de stabilizare numită → *balast*, care să limiteze curentul. În curent alternativ, balastul este o bobină de reactanță cu miez de fier.

descărcător, aparat monopolar de protecție a echipamentului electric (aparate de înaltă tensiune, transformatoare, generatoare) împotriva supratensiunilor (în special a celor de origine atmosferică). **D.** se montează, de regulă, între conductoarele active (faze) și pămînt. La apariția unei supratensiuni, între electrozii → *eclatoarelor*, care intră în componența **d.**, fiind conectate între cele două borne, se amorsează un arc electric care conectează linia la pămînt, limitînd tensiunea la o valoare nepericuloasă pentru izolația aparatului protejat. După anihilarea undei de supratensiune arcul electric se stinge, legătura cu pămîntul se întrerupe, iar d. este apt pentru o nouă funcționare. *D. tubulare* (fig. 99) limitează supratensiunile în rețelele de 3...110 kV, prin intermediul a două intervale disruptive, unul exterior, care evită solicitarea continuă a tubului izolant de către tensiunea de serviciu și unul interior, cu rol de stingere a arcului. La o undă de supratensiune, arcul electric produs în interiorul tubului

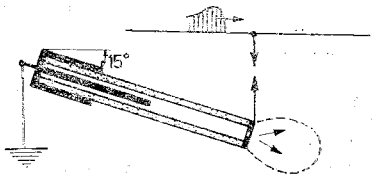


Fig. 99

încălzește puternic materialul izolant (fibra), care degajă o mare cantitate de gaze; suflajul produs întrerupe arcul interior după cca 3 semiperioade. Arcul exterior, dintre vîrfurile eclatorului de izolare, înseriat cu primul, se stinge de la sine. *D. cu rezistență variabilă* limitează supratensiunile din rețelele de 6...110 kV prin intermediul unui arc electric înseriat cu un element neliniar de circuit, cu efect de supapă (rezistență foarte mare pînă la un anumit prag al tensiunii la borne și rezistență foarte mică la depășirea acestui prag). Este format (fig. 100) dintr-o coloană de discuri de carbură de siliciu (carborund), care prezintă o rezistență neliniară,

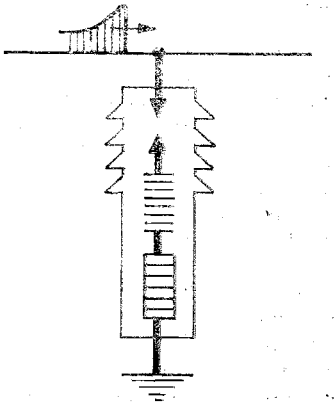


Fig. 100

înseriată cu un număr de eclatoare (de stingere și de izolare). La apariția unei supratensiuni se străpung interstițiile eclatoarelor, tensiunea mare aplicată rezistenței variabile determină un curent mare de punere la pămînt, care micșorează valoarea supratensiunii. Curentul de însoțire, dat de tensiunea de serviciu, este limitat la valori de 40...60 A de către rezistența crescută a coloanei semiconductoare și este întrerupt la prima trecere naturală prin zero. *D. cu suflaj magnetic*, utilizate la rețele de 220 și 400 kV, întrerup curentul rezidual cu ajutorul suflajului produs de o bobină specială. Cu ajutorul unor contoare asociate aparatului se poate afla numărul de descărcări produse într-un interval dat.

desprăfuire electrostatică, separarea pe cale electrostatică a particulelor solide (praf, fum) dintr-un curent de aer (→ *filtre electrostatice*).

desprindere, trecere a mașinilor electrice într-un regim instabil de funcționare, prin depășirea unor valori critice ale parametrilor caracteristici. **D.** mașinii sincrone, ieșirea din sincronism, la depășirea cuplului critic. **D.** generatorului de curent continuu cu excitație în derivație (serie), dezexcitarea generatoarelor prin depășirea valorii critice a rezistenței circuitului de excitație (scăderea rezistenței de sarcină sub o anumită valoare). **D.** motorului asincron (răsturnare), oprirea motorului ca urmare a depășirii cuplului critic.

devoltor, mașină electrică folosită pentru reducerea tensiunii unei surse.

dezexcitare, reducere sau anulare a curentului de excitație la o mașină electrică. **D.** rapidă a generatoarelor sincrone urmărește limitarea efectelor curenților de scurtcircuit produs în interiorul sau în apropierea mașinii. Cîmpul inductor se micșorează, prin conectarea de rezistoare (de descărcare) în circuitul de excitație al generatorului sau al → *excitatricei*, la valori pentru care tensiunea indusă nu mai poate întreține arcul la locul defectului. La sistemele de excitație statică, cu tiristoare, d. rapidă se obține prin trecerea redresorului de excitație în regim de invertor, cu scopul de a recupera în rețea energia cîmpului magnetic al înfășurării de excitație.

diac, dispozitiv electronic semiconductor cu 5 straturi *(pnpnp)*, folosit în circuite de comutație (de ex., la comanda → *tiristoarelor* și → *triacurilor*). Denumirea provine din l. engleză (diode alternating current switch). **D.** corespunde unui montaj de două diode în antiparalel și are aceeași structură ca și triacul, dar fără conexiune de comandă. **D.** basculează (trece în stare de conducție) la depășirea unei anumite valori a tensiunii, pozitive sau negative, aplicate între electrozi. În fig. 101 este prezentată caracteristica voltampermetrică a **d.** și o schemă de comandă cu **d.** a unui triac folosit drept contactor de curent alternativ. Momentul intrării triacului în conducție se poate schimba prin modificarea constantei de timp *RC* a circuitului de comandă.

diagrama cercului, loc geometric (în reprezentare fazorială) al curentului unui circuit de curent alternativ, care cuprinde o rezistență variabilă înseriată cu o reactanță fixă. Cercul, ca loc al curentului, deci al admitanței (la tensiune constantă) se obține prin inversiunea complexă a dreptei loc geometric al impedanței $\underline{Z} = \lambda R + jX$, λ fiind un parametru real variabil. La cuptorul electric cu arc, **d.c.** indică variația curentului, ca amplitudine și fază, produsă de variația rezistenței arcului electric, parametrii schemei echivalente (care include transformatorul și linia scurtă) rămînînd constanți. La mașina asincronă, **d.c.** reprezintă locul geometric al curentului cînd variază încărcarea mașinii. **D.c.**

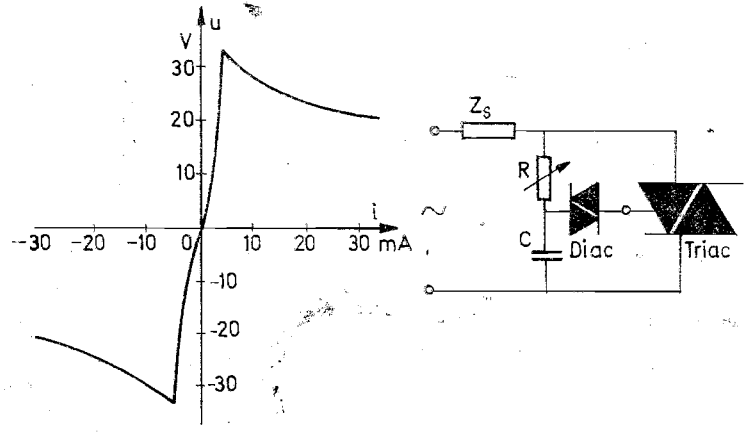


Fig. 101

permite determinarea caracteristicilor de funcționare (factor de putere, randament, pierderi etc.) la sarcină variabilă, numai pe baza măsurărilor făcute la mers în gol și la scurtcircuit.

diagrama Sankey, diagramă în care se reprezintă repartiția sau circulația unor mărimi de aceeași natură (puteri, energii etc.) prin fișii de lățime proporțională cu ponderea mărimii reprezentate. Poziția fișiilor arată poziția relativă a mărimilor, încît **d.S.** este foarte sugestivă la reprezentarea bilanțurilor energetice.

diagramă fazorială (impropriu diagramă vectorială), reprezentare grafică a mărimilor sinusoidale, în planul complex prin segmente orientate numite → *fazori*. În reprezentarea complexă simplificată (cea mai folosită la studiul circuitelor de curent alternativ), modulul fazorului este egal cu valoarea efectivă a mărimii sinusoidale, iar argumentul, cu unghiul de fază. Fazorul se mai numește *imaginea* funcției în complex simplificat. (În complex generalizat, modulul numărului complex se ia egal cu valoarea maximă a mărimii sinusoidale — amplitudinea —, iar argumentul cuprinde și variabila independentă, nu numai faza). În **d.f.** se reprezintă curenți, tensiuni, impedanțe, admitanțe, puteri active, reactive și aparente. Funcțiile sinusoidale de timp $u = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \alpha)$ și $i = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$ au ca imagini în complex fazorii $\underline{U} = U(\cos\alpha + j \sin\alpha) = U \exp(j\alpha)$ și $\underline{I} = I [\cos(\alpha - \varphi) + j \sin(\alpha - \varphi)] = I \exp \cdot [j(\alpha - \varphi)]$, reprezentați în **d.f.** din fig. 102. La reprezentarea în

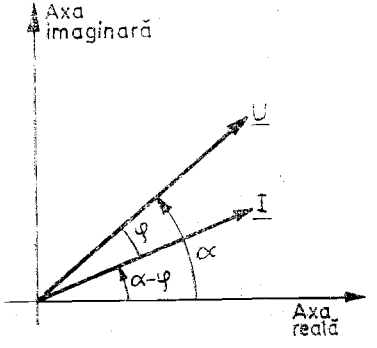


Fig. 102

complex a impedanței $\underline{Z} = R + jX_L - jX_C$ (fig. 103) rezistența se ia după axa reală, reactanța inductivă — după axa imaginară pozitivă, iar reactanța capacitivă — după

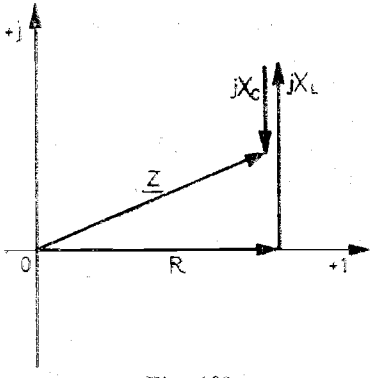


Fig. 103

axa imaginară negativă. Puterea aparentă, obținută prin înmulțirea imaginii tensiunii cu conjugata imaginii curentului, $\underline{S} = \underline{U}\underline{I}^* = U \exp(j\alpha) \cdot I \exp[-j(\alpha - \varphi)] = UI \exp(j\varphi) = UI \cos\varphi + jUI \sin\varphi = P + jQ$, se reprezintă în **d.f.** ca în fig. 104; puterea activă după axa reală, puterea reactivă după axa imaginară. La construirea **d.f.** se ține seama de

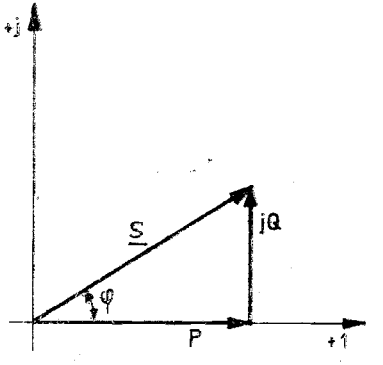


Fig. 104

faptul că tensiunea la bornele unei rezistențe este în fază cu intensitatea curentului; în cazul unei inductivități, tensiunea este defazată cu $90° = \pi/2$ rad înaintea curentului (în sens trigonometric); la un condensator, tensiunea este defazată cu $\pi/2$ în urma curentului. Fazorii se adună geometric (ca și vectorii, cu care nu trebuie confundați), ceea ce constituie principalul avantaj al **d.f.** Dacă s-ar face adunarea funcțiilor de timp, analitic, calculul ar fi foarte laborios, de ex. $u = u_{1m} \sin(\omega t + \alpha) + u_{2m} \sin(\omega t + \beta) = u_m \sin(\omega t + \gamma)$: $u_m = \sqrt{u_{1m}^2 + u_{2m}^2 + 2u_{1m} u_{2m} \cos(\alpha - \beta)}$; $\gamma = \operatorname{arctg} \dfrac{u_{1m} \sin\alpha + u_{2m} \sin\beta}{u_{1m} \cos\alpha + u_{2m} \cos\beta}$.

Multiplicarea sau împărțirea unui fazor cu un factor constant, modifică numai modulul acestuia, nu și faza. Rezultatul este deci un nou fazor, în fază cu primul. Derivării (integrării) în raport cu timpul a unei funcții sinusoidale, îi corespunde, în **d.f.** rotirea fazorului corespunzător cu $\pi/2$ înainte (în urmă), de ex., $i = i_m \sin(\omega t + \alpha)$; $u = L di/dt = \omega L i_m \sin(\omega t + \alpha + \pi/2) = u_m \sin(\omega t + \alpha + \pi/2)$ (fig. 105).

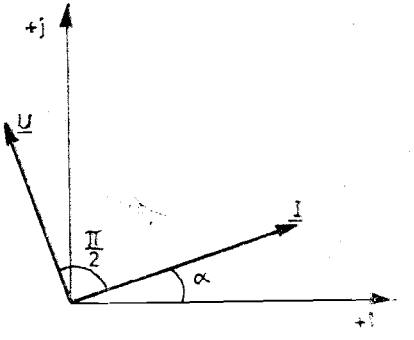


Fig. 105

diamagnetic, material a cărui permeabilitate magnetică relativă este subunitară ($\mu_r = \mu/\mu_0 < 1$; de ex., la

cupru, bismut, antimoniu ($\mu_r = 0{,}99$). În corpul **d.** introdus într-un cîmp magnetic exterior de inducție B apare un moment magnetic indus al moleculelor, asociat mișcării orbitale a particulelor electrizate (de ex., electroni liberi), mișcare circulară cauzată de forța Lorentz $\bar{F} = q[\bar{v} \times \bar{B}]$. Momentul magnetic indus este de semn contrar cîmpului exterior, pe care îl slăbește. Acest fenomen se produce la toate corpurile, dar la materialele *paramagnetice* fenomenul de orientare ordonată a momentelor magnetice spontane, existente chiar în lipsa cîmpului (și care la corpurile **d.** lipsesc), este mai puternic, iar cîmpul rezultant este mai mare decît cîmpul exterior ($\mu_r > 1$). Majoritatea gazelor și lichidelor dielectrice sînt **d.**

diamagnetism, proprietate a unor materiale de a fi → *diamagnetice*.

diblu, piesă de lemn, de material plastic sau de metal folosită la instalații electrice interioare pentru fixarea cu șuruburi pe pereți sau pe planșee a armăturilor de susținere a cablurilor și a tuburilor de protecție (scoabe, brățări, etriere etc.). *D. de lemn* au formă de trunchi de piramidă cu secțiune pătrată; *d. de oțel* sînt cilindrice, fie despicate parțial în lung, cu 2 sau 4 brațe, fie cu vîrf și cap filetat în exterior sau în interior (bolțuri de împușcat). **D.** se introduc în găuri făcute în zidărie sau în pereții de beton și se fixează cu ipsos sau cu mortar de ciment; *d. despicate* se fixează prin îndepărtarea brațelor la strîngerea cu șurubul; *d. cu vîrf* (bolțurile) se fixează prin batere cu ciocanul și buterola sau prin împușcare cu un pistol special.

dielectric, material izolant susceptibil de a se polariza electric temporar prin ordonarea dipolilor electrici moleculari într-un cîmp electric exterior (→ *material izolant*; → *permitivitate*; → *rigiditate dielectrică*; → *pierderi în dielectric*).

diferență de potențial (electric), mărime egală cu diferența valorilor → *potențialului* electric al unui cîmp irotațional (potențial) în două puncte ale spațiului. **D.de p.** este egală cu integrala de linie a vectorului cîmp și în regim electrostatic reprezintă tensiunea dintre punctele considerate,

$$V_A - V_B = \int_A^B \bar{E}\,\overline{dl} = U_{AB}.$$

Cîmpul fiind potențial, valoarea integralei nu depinde de drumul de integrare, iar integrala pe o curbă închisă este egală cu zero.

diferență de fază, defazaj.

Dimo, Paul (n. 1905), inginer electroenergetician român. Membru corespondent al Academiei R.S. România. Contribuții în electroenergetică: a introdus concepte noi, recunoscute pe plan mondial, a creat *analiza nodală* **D.**, prezentată în lucrarea „Analiza nodală a sistemelor electroenergetice" (1968) tradusă și în limbile franceză, rusă și engleză. A făcut parte din colectivul de specialiști care a elaborat planul de electrificare a țării, proiectul hidrocentralei Moroieni. Studii privind cauza supratensiunilor prelungite în rețelele cu neutru izolat. Numeroase brevete de invenție în domeniul studiului funcționării sistemelor electroenergetice (*analizorul grafic* **D.**).

dinam → **mașină de curent continuu.**

Dineulescu, Constantin (n. 1893), inginer electromecanic român. Profesor universitar la București. Membru corespondent al Academiei R.S. România. A elaborat studii și proiecte pentru hidrocentrala Porțile de Fier I, ca și pentru alte centrale, preconizînd extinderea termoficării. Contribuții la electrificarea căilor ferate din țara noastră. Îndelungată activitate didactică.

dinistor, diodă cu patru straturi.

dinte, parte a circuitului magnetic al unei mașini electrice cuprinsă între două crestături.

diodă, element nelinear de circuit cu doi electrozi (anod și catod) care prezintă o rezistență mare la polarizarea inversă (potențialul anodului mai scăzut decît al catodului) și o rezistență neglijabilă la polarizarea directă (efect de ventil). *D. redresoare* pot fi: *d. cu vid* (tuburi electronice), *d.cu gaz* (gazotron) și *cu vapori metalici* (tuburi ionice) și *d. semiconductoare*. În tehnica curenților tari *d.cu vid* și *d. ionice* se utilizează ca redresoare de înaltă tensiune (de ex., *kenotronul*, folosit la încercarea izolației) sau ca redresoare de putere de înaltă tensiune (monoanodice sau polianodice, prevăzute, de regulă, cu electrod de comandă: → *tiratron*, → *ignitron*, → *excitron*). *D. semiconductoare* sînt constituite dintr-o joncțiune a unui semiconductor de tip *n* (cu conducție electronică) cu unul de tip *p* (cu conducție lacunară, cu goluri). Materialele folosite în construcția lor sînt *germaniul* (la curenți slabi) și *siliciul*; *d.cu seleniu* și *d.cu cuproxid* sînt depășite și nu se mai fabrică decît în scopuri speciale, de ex., *d. supresoare* cu seleniu, folosite ca limitatoare de tensiune. *D. de putere cu siliciu* au curenți nominali mai mari de 20 A (pînă la mii de amperi) și tensiuni inverse admisibile pînă la 2000 V; căderea de tensiune pe ventil, în sens de conducție, este de 1...2 V. Prin conectarea **d.** *în serie* (pentru a putea prelua tensiuni inverse mari) și *în paralel* (pentru mărirea curentului redresat), puterea redresoarelor cu **d.** de siliciu poate atinge valori de ordinul megawaților (surse de curent continuu pentru electroliză, redresoare pentru tracțiunea electrică etc.). Structura, simbolul și caracteristica voltampermetrică a unei *d.de putere cu siliciu* sînt reprezentate în fig. 106. *D. Zener* este o **d.** semiconductoare caracterizată prin faptul că tensiunea inversă la borne rămîne

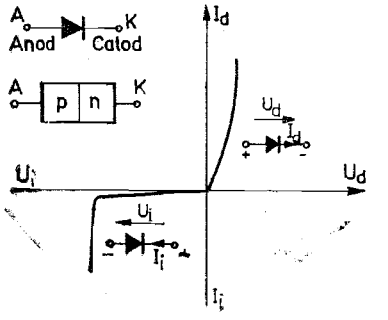


Fig. 105

constantă la variații mari ale curentului invers, fără să se producă supraîncălzirea sa. Se utilizează în schemele de stabilizare a tensiunii, funcționînd în regim de polarizare inversă.

diodă cu patru straturi, element semiconductor cu structură asemănătoare cu a tiristorului (*pnpn*), dar fără electrod de comandă, care la depășirea unei anumite valori a tensiunii directe aplicate între cei doi electrozi, basculează din starea de blocare în starea de conducție. Se utilizează în schemele de comandă a tiristoarelor și a triacurilor (fig. 107). Sin. *diodă de comutație, dinistor*.

diodă de circulație liberă, diodă de putere conectată în paralel cu un receptor de curent continuu, alimentat de un redresor cu tiristoare sau de un variator de tensiune continuă (chopper), pentru evitarea inversării tensiunii la bornele sale și pentru a permite continuarea trecerii curentului prin receptor cînd contactorul de curent continuu este blocat (la sarcinile inductive, care forțează închiderea curentului pe seama energiei înmagazinate în cîmpul magnetic). **D.de c.l.** îmbunătățește factorul de putere al redresorului comandat, deconectînd receptorul de la rețea în intervalele cînd tensiunea rețelei ia valori negative (fig. 108). La schemele de redre-

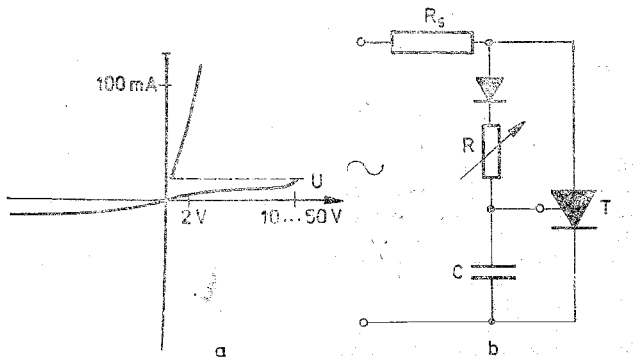


Fig. 107

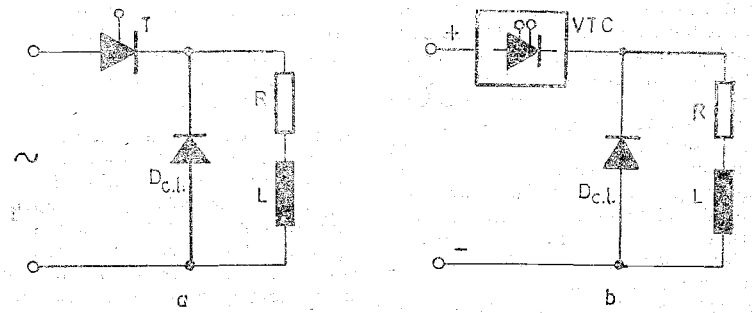


Fig. 108

sare în punte semicomandată, rolul **d.de c.l.** este jucat de ventilele necomandate (diode sau tiristoare fără întîrzierea comenzii). **D.de c.l.** micșorează pulsația curentului la alimentarea receptorului de la variatoare de tensiune continuă, permițînd funcționarea cu curent neîntrerupt și evită apariția supratensiunilor la receptoarele inductive. Sin. *diodă de fugă.*

diodă de comutație, diodă cu patr straturi.

diodă de curent invers, diodă de putere conectată antiparalel cu tiristoarele în schemele de *invertor*, formînd un redresor, care permite închiderea curentului de sens invers în circuitul de curent continuu. Invertorul poate furniza un curent cu defazaj oarecare față de tensiune; energia înmagazinată în cîmpul magnetic din inductivitatea receptorului poate fluctua (circula în ambele sensuri). Sin. *diodă de curent reactiv, diodă de întoarcere.*

diodă de fugă, diodă de circulație liberă.

diodă electroluminescentă, dispozitiv optoelectronic semiconductor la care injectarea de electroni în joncțiunea *pn*, polarizată direct, produce o radiație luminoasă. Culoarea luminii depinde de materialul semiconductor și de impuritățile de dopare (**d.e.** GaP — lumină roșie sau verde, în funcție de dopant; GaAsP — roșie; SiC — galbenă). Se folosesc ca elemente indicatoare de semnalizare sau la dispozitivele de afișaj numeric sau alfanumeric.

dipol, circuit electric cu două borne pe la care se face schimbul de energie cu exteriorul. Comportarea **d.** este complet caracterizată de curentul I, care intră printr-o bornă și iese prin cealaltă, și de tensiunea U la borne, ale căror sensuri pozitive se asociază în funcție de caracterul **d.**, generator sau receptor (→ *asocierea sensurilor pozitive*). *D. pasiv* conține numai elemente de circuit pasive; *d. activ* conține cel puțin un element activ (de ex., sursă de tensiune electromotoare). La *d. linear pasiv* comportarea curent-tensiune poate fi studiată cu o rezistență (în curent alternativ, impedanță) unică, conectată între cele două borne — *rezistență (impedanță echivalentă* : $U = ZI$, respectiv $I = YU$ (Y — admitanța echivalentă). Schema echivalentă a *d. linear activ* poate fi realizată cu o rezistență (impedanță) echivalentă *în serie* (schema echivalentă cu generator de tensiune) sau *în paralel* (schema cu generator de curent). La *d. nelinear* ecuația $U = f(I)$ respectiv $I = g(U)$ este neliniară.

dipol electric, sistem de două sarcini electrice punctiforme egale și de semne contrare, q și $-q$, situate la o distanță foarte mică (de regulă, de ordinul distanțelor atomice) în raport cu distanțele la punctele în care se studiază cîmpul electric. *Momentul electric*, $\bar{p}$, al **d.e.** se definește ca produs al sarcinii pozitive cu vectorul de poziție al acesteia față de sarcina negativă, $\bar{p} = q\Delta\bar{l}$. Comportarea **d.e.** este complet caracterizată de momentul său electric .Sin. *dipol electric elementar, dublet electric.*

dipol electric elementar, dipol electric.

dipol magnetic, spiră parcursă de curent, de formă circulară cu diametrul mic față de distanța la punctele în care se studiază cîmpul magnetic. *Momentul* **d.m.** *(momentul magnetic)* se definește ca produs între curentul, i, ce străbate spira și aria orientată, $\bar{A}$, a spirei (ca vector după normala la suprafață, orientat după regula burghiului al cărui sens de rotație este dat de sensul curentului), $\bar{m} = i\bar{A}$. Momentul magnetic al curenților moleculari caracterizează starea de magnetizație a corpurilor (→ *magnetizație).* Sin. *buclă de curent.*

diport → cuadripol.

disjunctor, întreruptor automat.

disociație electrolitică, separare a moleculelor unui electrolit aflat în soluție sau în stare topită, în ioni pozitivi și negativi, datorită scăderii forțelor de atracție electrostatică, invers proporționale cu permitivitatea mediului (→ *electrolit).* Fenomenul a fost descris pentru prima oară de suedezul Svante Arrhenius, în 1887.

dispecer energetic, organizație, servici sau persoană care coordonează exploatarea centralelor și stațiilor electrice. Sarcinile ce revin **d.e.** sînt : repartiția puterilor active și reactive pe centrale și agregate, în vederea asigurării unui cost minim de producere și transport a energiei electrice, concomitent cu asigurarea condițiilor de calitate a energiei furnizate (nivel de tensiune, frecvență, continuitate în alimentare, asigurarea rezervei necesare etc.); conectarea grupurilor din centrale și stabilirea gradului de încărcare a acestora; manevrele din stațiile de înaltă tensiune la funcționarea normală sau în caz de deranjamente și avarii; modificarea tensiunii la transformatoarele și autotransformatoarele reglabile și conectarea instalațiilor de compensare a energiei reactive; coordonarea opririi agregatelor pentru lucrări de revizii, întreținere sau

reparații. **D.e.** dispune de mijloace de telecomunicații (legături telefonice directe cu punctele cele mai importante ale sistemului energetic; legături telefonice de înaltă frecvență prin liniile aeriene de înaltă tensiune; legături prin radio); sisteme telemecanice (telecomandă, telemăsură, telesemnalizare): echipamente electronice de prelucrare a datelor (calculatoare numerice, calculatoare de proces, microprocesoare etc.), care permit optimizarea producției și distribuției energiei electrice.

dispersie (la cîmpul electric și magnetic), închiderea liniilor de cîmp prin alte porțiuni din spațiu decît cele dorite. **D.** cîmpului electric apare, de ex., la un condensator la care liniile de **d.** se închid în afara dielectricului dintre armături. *D. magnetică* la mașini și aparate electrice reprezintă închiderea liniilor inducției magnetice prin alte părți decît prin porțiunile utile ale circuitului magnetic. La un transformator liniile cîmpului magnetic de **d.** *(de scăpări)* sînt cele care nu înlănțuie cel puțin cîte o spiră din ambele înfășurări. La mașinile electrice rotative liniile cîmpului magnetic util se închid prin întrefier și înlănțuie atît înfășurarea statorică cît și pe cea rotorică. Cîmpul de **d.** *(de scăpări)* al unei înfășurări plasate în crestături cuprinde cîmpul de **d.** *a crestăturii*, ale cărui linii trec prin crestătură, de la un perete la celălalt și prin fier, pe la baza crestăturii, înlănțuind parțial sau total conductoarele din crestătură; cîmpul de **d.** *a capetelor de dinți*, ale cărui linii trec prin capetele dinților, prin întrefier, de la un dinte la altul; cîmpul de **d.** *a capetelor de bobină*, ale cărui linii înconjoară legăturile laterale ale bobinelor (care nu se află în crestături). *D.de dublă înlănțuire* se referă la liniile de cîmp ale unei înfășurări care înlănțuie numai *parțial* a doua înfășurare. *D. armonicilor superioare* se referă la liniile de cîmp date de armonicile spațiale ale inducției magnetice din întrefier, care nu participă la procesul de transfer al energiei electromagnetice *(d. diferențială)*. Deoarece liniile de **d.** se închid în cea mai mare parte prin aer, reluctanța și permeanța corespunzătoare unui tub de cîmp de **d.** fiind practic constante, independente de curentul care îl produce, chiar dacă circuitul magnetic este nelinear, se introduc în calcule → *inductivități de* **d.** *(de scăpări)*. În schemele echivalente ale mașinilor electrice înfășurările se consideră numai cu fluxul util, dar înseriate cu bobine fără miez, corespunzătoare inductivităților de **d.**

dispozitiv de acționare, mecanism care servește la anclanșarea sau declanșarea aparatelor de comutație. După felul energiei utilizate la anclanșare, **d.de a.** pot fi manuale, electrice (cu electromagnet sau cu motor electric), pneumatice sau hidraulice. *D.de a. manuală* se folosesc pentru acționarea separatoarelor și întreruptoarelor de tensiuni reduse (sub 35 kV) și curenți de conectare de ordinul kA. *D.de a. solenoidale* (electromagnetice) utilizate pentru închidere, menținerea în poziție anclanșată și declanșarea (prin deszăvorîrea resoartelor de declanșare) întreruptoarelor automate de 15,35 kV, se aplică tot mai rar. *D.de a. cu motor electric* de curent continuu sau universal și reductor melcat se utilizează la separatoare de interior pînă la 5 kA și de exterior, peste 35 kV. *D.de a. pneumatice* folosesc ca energie de anclanșare aerul comprimat dat de o stație de compresoare; sînt caracterizate de gabarite mici, viteze mari de conectare, zgomot redus. *D.de a. oleopneumatice* sînt dispozitive moderne de acționare a întreruptoarelor cu ulei puțin, de mare putere. Energia înmagazinată prin comprimarea la 300... ...350 daN cm^{-2} a azotului într-un recipient, cu ajutorul unei pompe de ulei, este transmisă cu mare viteză, hidraulic, cu ulei, la un sistem de acționare cu piston. Se asigură timpi de acționare foarte reduși (0,01...0,02 s), impuși de întreruptoarele de mare putere, la tensiuni de 110, 220 și 400 kV.

dispozitiv de comandă pe grilă → **comandă pe grilă.**

distribuitor, comutator rotativ acționat de arborele cotit sau de axul cu came al unui motor cu ardere internă cu aprindere prin scîntei, care conectează succesiv bujiile la bobina de inducție în momentul necesar aprinderii amestecului carburant. Sin. *cap distribuitor, delco.*

distribuție a energiei electrice, repartizare a energiei la diferite receptoare prin → *rețele electrice.*

divergență (**div**) la un → *cîmp* de vectori), limita raportului dintre fluxul vectorului printr-o suprafață închisă și volumul închis de acea suprafață, cînd volumul tinde spre zero, $\operatorname{div} \bar{V} = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{1}{\Delta v} \oint \bar{V}\, dA = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z}$. **D.** vectorului inducție electrică, $\bar{D}$, este o măsură a densității volumetrice a sarcinii electrice ρ, $\operatorname{div} \bar{D} = \rho$. Dacă **d.** unui cîmp vectorial este zero, cîmpul este fără sarcini, este rotațional sau solenoidal (de ex., cîmpul inducției magnetice $\bar{B}$, $\operatorname{div} \bar{B} = 0$).

diviziune, interval care desparte două linii consecutive ale unei scale gradate la un instrument de măsurat.

divizor de tensiune, aparat sau circuit format din elemente pasive (rezistoare, condensatoare), utilizat la divizarea tensiunii, pentru a se obține o tensiune mai mică decît tensiunea de alimentare a circuitului. *D.de t. rezistiv* este format din două sau mai multe rezistoare legate în serie (fig. 109), tensiunea de ieșire fiind luată de pe una din rezistențe. La mers în gol, cînd $R_s = 0$, $U_1 = UR_1/(R_1 + R_2)$. În sarcină, $R_s \neq 0$, $U_1 = U[R_1R_s/(R_1R_2 + R_s(R_1 + R_2)]$. **D.de t.** rezistive, folosite la extinderea domeniului de măsurare a voltmetrelor, sînt formate din rezistoare bobinate (de manganină, constantan etc.) sau chimice (cu peliculă de carbon). Rezistența conectată în paralel cu voltmetrul trebuie să aibă o valoare mult inferioară rezistenței interioare a voltmetrului, pentru ca **d.de t.** să lucreze practic în gol; în același timp, rezistența totală a **d.de t.** trebuie să fie suficient de mare pentru a nu se depăși încălzirea admisibilă. *D.de t. capacitive* conțin condensatoare în loc de rezistoare și pot funcționa numai în curent alternativ; nu consumă putere activă (nu se încălzesc) și se folosesc, în special, la măsurători de înaltă tensiune. **D.de t.** capacitiv are un condensator de joasă tensiune și unul de înaltă tensiune, de regulă cu electrozi plani sau sferici, în aer, sau obținut prin înserierea mai multor condensatoare cu dielectric solid. *D.de t. combinate* (cu rezistoare și condensatoare) se folosesc la măsurători de impulsuri de joasă sau înaltă frecvență.

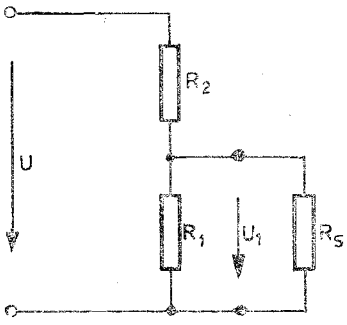


Fig. 109

dodecafazat → **sistem polifazat.**

Dolivo-Dobrovolski, Mihail Osipovici (1862—1919), inginer electrotehnician rus. Promotor al utilizării curentului trifazat. A construit generatorul trifazat (1888), motorul asincron trifazat cu rotor în scurtcircuit (în colivie)

și transformatorul trifazat cu cuplaj magnetic între coloane (1890). Contribuții la tehnica transportului energiei electrice la distanță (1891 — prima linie trifazată de înaltă tensiune, cu o lungime de 175 km).

domeniu de măsurare, parte a gradației unui instrument analogic de măsurat în care măsurările se pot face cu o precizie dată. **D.de m.** poate cuprinde întreaga scară gradată sau numai o parte a acesteia. *Extinderea* **d.de m.**, utilizată, în special, la ampermetre și voltmetre, se poate face prin conectarea de → *rezistențe adiționale* (la voltmetre) sau de → *șunturi* (la ampermetre). La instrumentele cu un singur **d.de m.**, mărirea domeniului se obține prin modificarea numărului de spire al bobinei echipajului mobil; la instrumentele magnetoelectrice de curenți mici pînă la 50 mA și la instrumentele cu bobină fixă pînă la 100 A. La instrumentele cu mai multe **d.de m.**, șunturile și rezistențele adiționale, înglobate în aparat, sînt comutabile.

donator, donor.

donor, impuritate introdusă într-un material semiconductor care intrînd în rețeaua cristalină a acestuia determină o → *conducție* electronică (de tip *n*), prin electronii liberi pe care îi donează. La semiconductoarele tetravalente (Si, Ge) elementele donoare de electroni sînt pentavalente (As, Sb, P). Conducția cu goluri de electroni (de tip *p*) se obține prin introducerea în rețeaua cristalină a semiconductorului tetravalent a unor impurități acceptoare de electroni, trivalente (In, B, Ga, Al). Sin. *donator*.

doză, cutie de protecție utilizată în instalațiile electrice interioare de joasă tensiune. *D.de aparat* este o cutie metalică fără capac, izolată în interior, montată sub tencuială, în care se introduc aparate de instalații (comutatoare de iluminat, prize). *D.de ramificație (cutii de ramificație)* sînt cutii metalice sau din material izolant, de formă cilindrică sau paralelipipedică, montate aparent sau îngropat, în care se fac conexiunile de ramificație a circuitelor. *D.de trecere*, identice cu cele de ramificație, se amplasează pe traseele instalației electrice după fiecare 10 m sau după 3...4 coturi, cu scopul de a facilita introducerea conductoarelor în tuburile de protecție (tragerea conductoarelor de cupru, cu ajutorul unei benzi sau sîrme de oțel și împingerea celor de aluminiu). **D.** diferă, constructiv, după felul → *tuburilor de protecție* folosite și se montează în aceleași condiții ca și acestea.

drenaj electric → coroziune electrolitică.

dublet electric, dipol electric.

duliе, soclu.

durată de utilizare, indicator energetic egal cu intervalul de timp, T_u, în care s-ar produce (într-o centrală) sau s-ar utiliza (la consumator), la o anumită putere constantă, P, aceeași energie electrică, E, ca și la funcționarea reală, cu sarcină variabilă, într-un interval dat de timp T (de obicei un an), $T_u = E/P$. Cu cît **d.de u.** este mai mare, cu atît este mai ridicată eficiența economică a producerii sau consumului de energie (în cazul ideal, al funcționării la putere constantă, $T_u = T$). Mărirea **d.de u.** se obține prin *aplatizarea* → *curbei de sarcină*. *D.de u. anuală a puterii maxime* (a vîrfului de sarcină) este cuprinsă între următoarele valori: $T_u = 1\,500...2\,500$ ore pentru iluminatul interior; $T_u = 2\,500...3\,000$ h pentru iluminatul exterior; $T_u = 2\,500...3\,000$ h la programul de lucru într-un schimb; $T_u = 3\,000...4\,500$ h în două schimburi; $T_u = 4\,500...7\,000$ h la întreprinderile industriale cu trei schimburi.

durata relativă de funcționare activă (DA), raport între durata de funcționare în sarcină a unei acționări electrice (inclusiv timpul de pornire și de frînare electrică) și durata totală a ciclului de funcționare, în serviciile de scurtă durată sau intermitente. În afara → *serviciului* de scurtă durată, **d.r. de f.a.** au următoarele valori standardizate: 15%; 25%; 40% și 60%, care sînt trecute pe plăcuțele indicatoare ale motoarelor de acționare electrică; durata standardizată a unui ciclu pentru aceste servicii este de 10 min. **D.r.de f.a.** se utilizează la alegerea motoarelor de acționare după criteriul încălzirii.

E

e, baza logaritmilor naturali, e = 2,718281828...

e, sarcina electrică elementară (→ *constantă*).

e, simbol pentru protecție antiexplozivă cu siguranță mărită.

E, simbol pentru → **energie**.

E, simbol pentru → **intensitatea cîmpului electric**.

E (exa) → **unități de măsură**.

Ex I, simbol pentru → **protecție antigrizutoasă**.

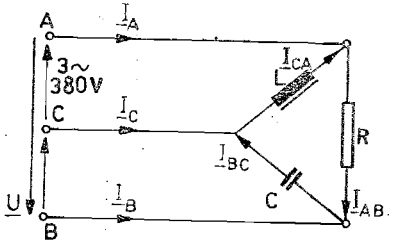
Ex II, simbol pentru → **protecție antiexplozivă**

ebonită, material izolant obținut prin vulcanizarea cauciucului cu cca 30% sulf. Nu rezistă la acțiunea arcului electric, deoarece se carbonizează ușor, devenind bun conducător. Se folosește la confecționarea cutiilor de acumulatoare și a pieselor izolatoare de curenți slabi.

echilibrare, operație de aducere a unui circuit într-o stare în care o tensiune sau un curent ia valoarea zero. E. se aplică la aparatele cu indicator de nul, la punți și → *compensatoare* de măsură. *E. automată* se obține cu ajutorul unor *sisteme de urmărire*.

echilibrarea rețelei trifazate, repartizare a receptoarelor monofazate pe cele trei faze ale rețelei astfel încît curenții de linie să formeze un sistem simetric. Curenții nesimetrici determină o → *deplasare a neutrului* și produc căderi de tensiune inegale pe cele trei faze, dezechilibrînd și sistemul tensiunilor de alimentare. *Dezechilibrul de curent (de tensiune)* reprezintă raportul dintre componenta de succesiune inversă $I_i(U_i)$ și componenta de succesiune directă $I_d(U_d)$, $k_i = I_i/I_d$; $k_u = U_i/U_d$ (→ *componente simetrice*). Dezechilibrul de curent are repercusiuni nefavorabile asupra generatoarelor din centrale, iar dezechilibrul de tensiune asupra receptoarelor (de ex., motoare asincrone trifazate), producînd supraîncălzirea mașinilor și reducerea cuplului electromagnetic. Principalele receptoare care dezechilibrează rețeaua trifazată sînt transformatoarele monofazate din substațiile de tracțiune electrică, cuptoarele electrice de topire industriale, transformatoarele monofazate de sudare etc. E.r.t. de alimentare a substațiilor de tracțiune monofazate, de frecvență industrială, se obține prin conectarea transformatoarelor monofazate în „V", schimbînd ciclic modul de legare la cele trei faze în diferite substații, sau prin utilizarea schemei Scott (→ *substații de tracțiune*). În cazul cuptoarelor de inducție cu creuzet **e.r.t.** se obține prin intermediul *grupului de simetrizare*, format dintr-o bobină de reactanță cu miez de fier și o baterie de condensatoare (fig. 110). Dacă P este puterea activă a cuptorului și U_c tensiunea la bornele sale, reactanțele bobinei și condensatoarelor necesare pentru o simetrizare completă, au valoarea $X_L = X_C = U_c^2\sqrt{3}/P$. Receptoarele monofazate dintr-o instalație de iluminat (de ex., într-uu imobil sau într-o hală industrială) sau de forță (transformatoare de sudare) trebuie repartizate cît mai uniform pe cele trei faze în vederea **e.r.t.** (→ *simetrizare*).

echipaj, parte a unui instrument electric de măsurat care intervine în procesul de măsurare. Poate fi *fix*, dacă nu-și schimbă poziția în timpul operației (de ex., scara gradată) sau *mobil*, dacă își modifică poziția în timpul funcționării și poartă dispozitivul indicator (de ex., acul indicator, oglinda la instrumentele cu spot luminos etc.).



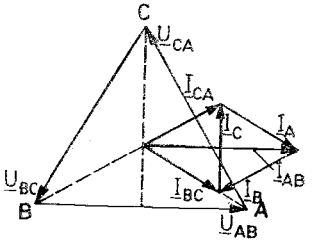


Fig. 110

echipament electric, ansamblu de piese, dispozitive, aparate, mașini care deservesc o instalație electrică (de ex., e.e. auto, e.e. de bord, e.e. al unei instalații de automatizare, e.e. al centralelor și stațiilor electrice etc.). *Lista* e.e. constituie o parte a documentației tehnice a unui proiect de instalații electrice, care cuprinde toate e.e. reprezentate într-o schemă, cu indicarea denumirii și a caracteristicilor mai importante. *Specificația* e.e. cuprinde caracteristicile tehnice necesare identificării și procurării e.e. și materialelor specifice unei instalații proiectate (simbolul, denumirea, caracteristici tehnice, tipul, codul, furnizorul, cantitatea, locul de montare etc.).

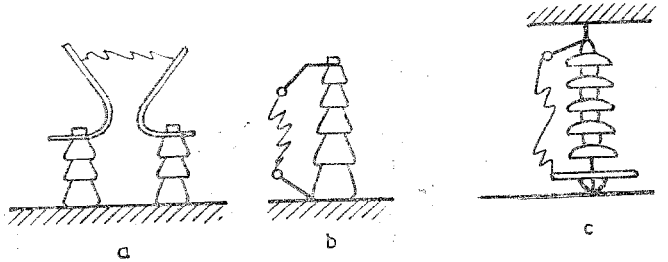
echivalent electrochimic, cantitatea dintr-un element chimic, exprimată în grame pe coulomb, care poate fi separată prin electroliză la trecerea prin electrolit a unității de sarcină electrică (1 C = 1 As). **E.e.** se calculează cu relația $k = A/(nF)$, în care A este masa atomică; n — valența elementului; F — → *constanta* (numărul lui Faraday.

echivalent fotometric al radiației → **eficacitate luminoasă.**

echivalentul energetic al puterii reactive, pierderea de putere ΔP produsă pe o linie de transport a energiei electrice la vehicularea unității de putere reactivă, $k_e = \Delta P/Q = Q\,l/U^2 = \sqrt{3}RI \sin\varphi/U$, unde R este rezistența unei faze, Q — puterea reactivă transportată; U — tensiunea de linie, I — curentul de linie, $\cos\varphi$ — factorul de putere. **E.e.al p.r.** intervine la evaluarea eficienței economice a instalațiilor de compensare a puterii reactive.

eclator, aparat electric format din doi electrozi metalici între care se poate produce o descărcare electrică, de obicei în aer, utilizat la măsurători de înaltă tensiune sau la protecția contra supratensiunilor (→ *descărcător*). *E.cu coarne* (fig. 111, a) se folosește în rețelele electrice aeriene de 3...35 kV, la protecția posturilor de transformare și a rețelei de contact la tracțiunea în curent continuu. *E.cu tijă* protejează izolatoarele de trecere ale întreruptoarelor și transformatoarelor (fig. 111, b). *E.cu inele* (fig. 111, c) se folosesc la protecția lanțurilor de izolatoare din liniile aeriene de înaltă tensiune. *E. de măsură*, folosite la tensiuni de peste

10 kV, au forma unor sfere de cupru cu diametrul de 2...200 cm; e. cu vîrfuri nu se folosesc în acest scop din cauza reproductivității scăzute a rezultatelor măsurării (la unele e., pentru reducerea abaterilor statistice



g. 111

ale valorii tensiunii de amorsare se iradiază spațiul disruptiv cu lămpi cu arc electric, cu ultraviolete sau cu raze radioactive). La o anumită tensiune, distanța la care se produce descărcarea depinde, în afară de geometria e. (diametrul și distanța dintre sfere), de starea suprafeței, de existența cîmpurilor exterioare (prezența ecranării și pămîntării) și este influențată în mare măsură de umiditatea aerului, încît precizia măsurării nu depășește 3%. Măsurarea se efectuează fie prin reglarea distanței dintre sfere, cu ajutorul unui mecanism cu șurub și piuliță (micrometric), fie prin creșterea lină a tensiunii (de ex., cu un autotransformator reglabil), menținînd fixă distanța dintre sfere. Pentru limitarea curentului de descărcare, în scopul protejării suprafeței sferelor și pentru amortizarea oscilațiilor de înaltă frecvență, în serie cu e.se conectează o rezistență de valoare mare, atît la măsurători în curent continuu, cît și în curent alternativ.

ecranare, sustragere a unei porțiuni din spațiu acțiunii cîmpului electric, magnetic sau electromagnetic. *E. electrostatică* se obține cu ajutorul unui înveliș metalic format din foi, plase sau rețele de conductoare sub formă de colivie *(cușca lui Faraday)*. O suprafață metalică închisă, aflată într-un cîmp electric, constituie o suprafață echipotențială (cu potențialul egal cu al pămîntului dacă ecranul este pus la pămînt); în interiorul suprafeței conductoare, intensitatea cîmpului electric este nulă. E electrostatică se aplică frecvent în laboratoarele de încercări de înaltă tensiune. *E. magnetică* se obține cu ajutorul unui înveliș metalic feromagnetic de permeabilitate mare (de ex., fier moale), în care liniile unui cîmp exterior sînt refractate, închizîndu-se practic numai prin pereții ecranului, dacă grosimea acestora este suficientă. Acest tip de e., spre deosebire de e. electrostatică, nu este completă; efectul de e. este cu atît mai bun cu cît este mai mare grosimea pereților și permeabilitatea magnetică a materialului. Este eficientă și la cîmpuri magnetice variabile de frecvență joasă și se aplică la scoaterea instrumentelor de măsură de tablou de sub acțiunea cîmpurilor magnetice învecinate, care ar putea cauza erori de măsurare. *E. electromagnetică* se bazează pe amortizarea undelor electromagnetice la pătrunderea în medii conductoare, datorită apariției curenților turbionari. La frecvențe mari se pot utiliza ecrane neferomagnetice (de ex., tablă de cupru). E. este eficientă dacă grosimea ecranului este

mare față de → *adîncimea de pătrundere* a cîmpului electromagnetic în conductorul respectiv. Se aplică la unele instalații și cuptoare de inducție de înaltă frecvență.

ecuația lui Ayrton, ecuație de aproximare matematică a porțiunii căzătoare a caracteristicii voltampermetrice a arcului electric: $U_a = a + bl + (c + dl)/I_a$, unde U_a este tensiunea pe arc, I_a — curentul prin arc, l — lungimea arcului, a, b, c, d — constante ce depind de materialul electrozilor și de influența unor mărimi exterioare.

ecuația mișcării, ecuație diferențială care permite determinarea variației în timp a vitezei (vitezei unghiulare) a acționărilor electrice cunoscînd variația în timp a tuturor forțelor F (la mișcarea de translație) și a cuplurilor M (la mișcarea de rotație) care acționează asupra corpului aflat în mișcare. E.m. este: $F_m - F_r = m\frac{dv}{dt}$, respectiv $M_m - M_r = J\frac{d\Omega}{dt}$, unde indicele m se referă la forța motoare, respectiv la cuplul motor, care acționează în sensul mișcării; indicele r — la forța rezistentă, respectiv cuplul rezistent, care se opun mișcării; m — masa elementului aflat în mișcare de translație; J — momentul de inerție al elementului în mișcare, față de axa de rotație. Dacă $F_m = F_r (M_m = M_r)$ viteza acționării este constantă; dacă $F_m > F_r (M_m > M_r)$ mișcarea este accelerată; dacă $F_m < F_r$ $(M_m < M_r)$ mișcarea este încetinită (frînată).

ecuațiile lui Maxwell, ecuații fundamentale ale electromagnetismului, elaborate de J. C. Maxwell: 1. *Legea circuitului magnetic* $\operatorname{rot} \bar{H} = \bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}$ (forma locală); $\oint_\Gamma \bar{H}\,\overline{dl} = NI + \frac{d\psi}{dt}$ (forma integrală) și *legea inducției electromagnetice* $\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t}$ (forma locală); $\oint_\Gamma \bar{E}\,\overline{dl} = -\frac{d\Phi}{dt}$ (forma integrală). 2. *Legea fluxului electric* $\operatorname{div} \bar{D} = \rho$; $\oint_S \bar{D}\,\overline{dA} = q_s$ și *legea fluxului magnetic* $\operatorname{div} \bar{B} = 0$; $\oint_S \bar{B}\,\overline{dA} = 0$. 3. *Legi de materiale* $\bar{J} = \sigma\bar{E}$ (legea conducției electrice, legea lui Ohm sub formă locală); $\bar{D} = \varepsilon\bar{E}$; $\bar{B} = \mu\bar{H}$ (legile de legătură între $\bar{D}$ și $\bar{E}$, respectiv $\bar{B}$ și $\bar{H}$). Notații: $\bar{E}, \bar{H}$ — intensitatea cîmpului, electric și magnetic; D, B — inducția, electrică și magnetică; ψ, Φ — fluxul, electric și, respectiv, magnetic; J — densitatea de curent; I — intensitatea curentului; q_s — sarcina electrică din interiorul suprafeței de integrare; ρ — densitatea volumetrică de sarcină; σ — conductivitatea electrică; ε — permitivitatea; μ — permeabilitatea magnetică; N — numărul de spire.

ecuațiile telegrafiștilor → **linii lungi**.

Edison, Thomas Alva (1847—1931), inventator american. Autor a peste 1200 invenții brevetate. Numeroase invenții au contribuit la dezvoltarea electrotehnicii: microfonul telefonic cu cărbune (1876); sistemul telegrafic multiplu de transmitere simultană a mesajelor pe același fir (1877); fonograful (1878); lampa electrică cu filament de cărbune și soclul cu filet, care-i poartă numele (1879), precum și numeroase alte aparate de instalații electrice (comutatorul rotativ, siguranța fuzibilă, contorul de energie electrică etc.); acumulatorul feronichel (1914). A construit (1882, New York) prima centrală electrică din lume, cu o putere instalată de 500 kW, și generatoare de curent continuu. A descoperit (1883) emisia termoelectronică (emisia de electroni de către un filament încălzit), care stă la baza funcționării tuburilor elec-

tronice (pe baza acestei descoperiri J. A. Flemming construieşte, în 1904, dioda cu vid). Numeroase invenţii şi în alte ramuri ale tehnicii (cimentul Portland, elemente prefabricate din beton pentru construcţii, apar tul de filmat şi de proiecţie etc.).

efect anodic, efect care apare la electroliza unor săruri topite şi constă în creşterea tensiunii dintre electrozi ca urmare a apariţiei arcului electric între anod şi topitură, cauzat de contactul electric imperfect. La electroliza aluminei topite, e.a. apare atunci cînd procentul de alumină din baie scade de la 10% (concentraţia normală, la care electrolitul aderă bine la suprafaţa anodului) la cca 1%. E.a. este dăunător deoarece creşte consumul de energie electrică, dar dispare imediat ce procentul de alumină din baie a fost restabilit la valoarea normală, prin introducerea unei noi cantităţi de alumină.

efect corona, descărcare electrică care apare în jurul unor conductoare de înaltă tensiune (peste 100 kV). Favorizat de unele condiţii atmosferice (ploaie, ceaţă, zăpadă, chiciură), e.c. poate produce pierderi însemnate de energie electrică şi perturbaţii în liniile de telecomunicaţii. Este însoţit de fenomene luminoase (coroană luminoasă violetă în jurul conductoarelor), acustice (zgomot specific) şi chimice (apariţia ozonului şi producerea acidului azotic, care poate ataca armăturile izolatoarelor). E.c. se produce prin depăşirea unei valori critice a intensităţii cîmpului electric, valoare cu atît mai mică, cu cît este mai mare curbura conductorului (cu cît este mai mică raza secţiunii). Diminuarea pierderilor de energie prin e.c., care în condiţii foarte nefavorabile pot fi de 20% din energia transportată, se obţine prin mărirea diametrului conductoarelor (peste 11 mm la 110 kV; 25 mm la 220 kV; 50 mm la 400 kV) şi prin folosirea conductoarelor multifilare. E.c. este unul din fenomenele care limitează tensiunea maximă la care se poate face transportul energiei electrice prin linii aeriene de înaltă tensiune (în curent alternativ 750 kV). Descărcarea prin e.c. este folosită la → *electrofiltre.*

efect de proximitate → efect pelicular

efect fotoelectric, fenomen care însoţeşte absorbţia sau radiaţia luminii de către un corp solid. *E.f. extern* constă în eliberarea de electroni de către un corp prin iluminarea acestuia cu un fascicul de lumină *(emisiune fotoelectrică).* Există o energie minimă a cuantelor de lumină (fotonilor) hf_0, dependentă de material, pentru ca acestea să fie capabile să extragă electronii de pe suprafaţa metalelor sau semiconductoarelor. Dacă energia fotonilor este mai mare, electronii emişi (fotoelectronii) pot să se deplaseze învingînd o tensiune U_m, conform ecuaţiei (Einstein, 1905): $hf = eU_m + hf_0 = mv^2/2 + hf_0$, în care e reprezintă sarcina electronului; h — constanta lui Planck; f_0 — frecvenţa corespunzătoare energiei minime a fotonului (lucrul de extracţie); m — masa electronului; v — viteza maximă a electronului emis (→ *constantă*). Lucrul de extracţie $A = hf_0 = eU_a$; $U_a = f_0 h/e = hc/(e\lambda_0) = 1239/\lambda_0$, V — potenţialul de extracţie a electronului, corespunzător legăturii acestuia cu atomul (cristalul); c — viteza luminii; λ_0 — lungimea de undă. E.f. extern este aplicat la *celulele fotoelectrice,* care constau dintr-un tub vidat sau cu gaze inerte, cu doi electrozi, conectat la o tensiune continuă. Tubul conduce numai dacă catodul, polarizat direct, este iluminat. *E.f. intern* constă în eliberarea electronilor, sub acţiunea luminii, în interiorul unui semiconductor *(→ conducţie electrică).* Fotoelectronii rămîn în semiconductor şi îi măresc conductivitatea. Se aplică la confecţionarea *fotorezistenţelor. Fotoconductivitatea,* descoperită la seleniu pur (W. Smith, 1873), a fost evidenţiată şi la

alte substanţe (germaniu, sulfură de plumb, sulfură de cadmiu etc.). *E.f. intern cu strat de baraj* apare la joncţiunea dintre un metal şi un semiconductor sau dintre două semiconductoare dopate (cu elemente *donoare* sau *acceptoare* de electroni), unde sub acţiunea luminii se produce un → *cîmp electric imprimat* fotovoltaic. Se aplică la fabricarea → *fotoelementelor,* → *fotodiodelor* sau → *fototranzistoarelor. (→ convertor fotoelectric,* → *baterie solară).* Apariţia luminii într-un semiconductor parcurs de curent *(e.f. invers)* se foloseşte la → *dioda electroluminescentă.*

efect Hall, fenomen galvanomagnetic care se manifestă în cazul procesului de conducţie electrică în prezenţa unui cîmp magnetic (evidenţiat, la metale, de E. H. Hall în 1880; la semiconductoare e.H. este de $10^5 \ldots 10^6$ ori mai mare). Dacă o placă paralelipipedică (fig. 112), aflată în cîmpul magnetic de inducţie B perpendicular pe placă, este străbătută longitudinal de curentul (de comandă) i_c, după direcţia transversală apare o *tensiune Hall* proporţională cu inducţia şi cu valoarea curentului

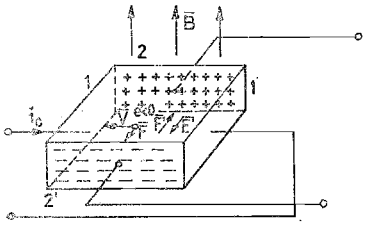


Fig. 112

$u_{h_0} = k_0 i_c B$, unde k_0 reprezintă sensibilitatea generatorului Hall la mers în gol. E.H. se explică prin apariţia forţei $\bar{F} = e[\bar{v} \times \bar{B}]$ exercitată asupra electronilor liberi în mişcare (dacă conductorul sau semiconductorul sînt de tip *n*), care face ca pe placa 2′ să se separe sarcini negative, iar pe placa 2 sarcini pozitive, deci între plăci să apară o diferenţă de potenţial. Pe măsura separării sarcinilor între plăci apare un cîmp electric E' care exercită o forţă suplimentară $\bar{F}' = e\bar{E}'$ ($e < 0$), de la placa 2′ la 2. La echilibru, cînd $F = F'$ procesul de separare a sarcinilor încetează *(→ cîmp electric imprimat).* În sarcină curentul produs de tensiunea Hall determină apariţia unui *e.H. secundar,* după direcţia 1 1′, în sens invers curentului de comandă. Compensarea acestui efect se poate face cu ajutorul unei bobine parcurse de curentul Hall, care dă un cîmp magnetic suplimentar. Aplicaţiile tehnice ale e.H. folosesc expresia tensiunii Hall ca măsură a produsului dintre i_c şi B: măsurarea puterii (wattmetrul Hall); măsurarea inducţiei magnetice (teslametrul cu sondă Hall); măsurarea curenţilor; aplicaţii în telemecanică şi în automatizări. *(→ traductor Hall; → convertor magnetohidrodinamic).*

efect Joule, efect termic al curentului electric; fenomen de încălzire a unui conductor parcurs de curent. Căldura degajată la trecerea curentului I printr-un conductor de rezistenţă R într-un interval de timp t este $Q = RI^2t = U^2t/R = UIt$, J, unde U este tensiunea la borne. E.J. determină pierderi de energie în maşini, aparate şi la transportul şi distribuţia energiei electrice. E.J. se aplică la încălzirea prin rezistenţă. *(→ legea transformării energiei în conductoare).*

efect magnetorezistiv, fenomen galvanomagnetic care constă în modificarea rezistenţei unui conductor aflat în cîmp magnetic, R_B, faţă de valoarea avută în absenţa cîmpului, R_0, ca urmare a schimbării traiectoriei electronilor. Factorul $k_B = R_B/R_0$ are o valoare foarte apropiată de unitate.

efect pelicular, repartiţie neuniformă a densităţii de curent pe secţiunea unui conductor străbătut de curent alternativ. Cîmpul magnetic variabil H produs de curentul alternativ I

(fig. 113) dă naştere unor curenţi turbionari I_t, care la suprafaţa conductorului au acelaşi sens, iar în interior sens contrar cu I. Curentul

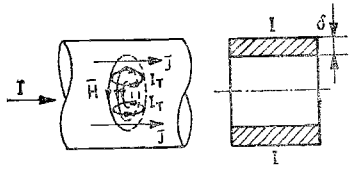


Fig. 113

rezultant are densitate mare la suprafaţă şi densitate mică în interior. **E.p.** este cu atît mai pronunţat cu cît este mai mare frecvenţa şi rezistivitatea conductorului *(→ adîncime de pătrundere)*. Ca urmare a e.p. rezistenţa în curent alternativ este mai mare decît în curent continuu, fapt ce determină apariţia unor pierderi suplimentare în înfăşurări şi în instalaţii. La conductoarele aflate în crestăturile maşinilor electrice densitatea de curent scade la baza crestăturii şi creşte spre vîrful său *(refularea curentului)*, crescînd rezistenţa echivalentă şi scăzînd reactanţa de scăpări. La conductoarele paralele de secţiune mare (de ex., reţeaua scurtă a cuptoarelor cu arc, înfăşurările transformatoarelor de sudare prin rezistenţă, inductoarele de curenţi mari) se manifestă un important *efect de proximitate* (de apropiere), care face ca densitatea curentului să fie mai mare pe feţele apropiate, dacă curenţii din conductoare sînt de sens contrar şi pe feţele exterioare, dacă curenţii sînt de acelaşi sens (fig. 114). Pentru micşorarea e.p. se utilizează conductoare multifilare, lamelate sau transpuse (conductoare Roebel). **E.p.** se aplică la motoarele asincrone cu bare înalte, la care refularea puternică a curentului la frecvenţele mari din rotor în timpul pornirii măreşte rezistenţa rotorică şi deci cuplul de pornire. Pe măsură ce turaţia creşte, frecvenţa curenţilor rotorici scade, refularea devine neînsemnată şi rezistenţa rotorică scade, asigurîndu-se funcţionarea economică a motorului. *(→ rezistenţă)*.

efect Peltier → efecte termoelectrice.

efect piezoelectric, fenomen prezent la unele substanţe (de ex., cuarţ), determinat de interdependenţa dintre cîmpul electric şi deformaţiile mecanice ale corpurilor. *E.p. direct* constă în apariţia unei diferenţe de potenţial între feţele unui cristal supus la presiune mecanică (dacă efortul este de tracţiune, sensul tensiunii electrice se schimbă). *E.p. invers* constă în apariţia unor deformaţii ale cristalului (oscilaţii mecanice) într-un cîmp electric variabil. **E.p.** se aplică la aprinderea gazelor combustibile cu ajutorul scînteii generate între doi electrozi de tensiunea înaltă (de ordinul kV), obţinută prin comprimarea cristalului de cuarţ. La aprinderea amestecului carburant al motoarelor cu ardere internă, presiunea se creează cu ajutorul unei pîrghii acţionate de un ax cu came; tensiunea de aprindere este repartizată la buiii cu un distribuitor. Dispozitivele de aprin-

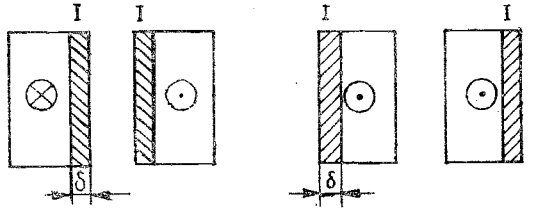


Fig. 114

dere piezoelectrice manuale (cu pîrghie şi resort) se folosesc la instalaţiile casnice de gătit cu gaze.

efect pinch (*to pinch* = a strînge), contracţie a unui fluid conductor parcurs de curent sub acţiunea cîmpului magnetic propriu sau a unor cîmpuri exterioare. Se întîlneşte la instalaţiile cu plasmă şi se aplică la cuptoarele cu arc electric în vid. La cuptoarele electrice de inducţie cu canal e.p. este dăunător, deoarece contracţia vîneă de metal lichid străbătută de curent poate duce la întreruperea spirei secundare şi la scoatere din funcţiune a cuptorului. Sin *reostricţiune*.

efect Seebeck → efecte termoelectrice.

efect stroboscopic, fenomen care creează imagini false ale mişcării corpurilor iluminate cu lumină pulsatorie (de ex., dată de lămpile fluorescente). Dacă frecvenţa luminii coincide cu frecvenţa de rotaţie a corpului, acesta apare ca fiind în repaus, ceea ce poate cauza accidente prin evaluarea falsă a mişcării părţilor mobile ale maşinilor. Diminuarea e.s. se obţine prin repartizarea corpurilor de iluminat fluorescent dintr-o hală industrială pe toate fazele sau prin adoptarea unor scheme speciale (de ex., montajul „duo", cu un tub fluorescent cu balast inductiv şi unul cu balast capacitiv). **E.s.** se aplică la măsurarea turaţiilor *→ stroboscop)*.

efect Thomson → efecte termoelectrice.

efecte fiziologice ale curentului electric, efecte produse la trecerea curentului printr-un organism viu, dependente de intensitatea, frecvenţa, durata şi traseul curentului. Dacă se depăşeşte o anumită valoare a curentului, efectele pot fi patologice, producînd *electroşocuri* (electrocutări) şi *electrotraumatisme*. Şocurile electrice se produc prin acţiunea curentului asupra sistemului nervos şi pot avea diferite aspecte, funcţie de factorii amintiţi: zguduiri sau comoţii, pierderea temporară a auzului şi vocii, paralizia temporară a centrilor nervoşi respiratorii (oprirea respiraţiei), paralizia temporară a inimii şi fibrilaţia (ritm cardiac foarte rapid). Prin acordarea unui ajutor adecvat (respiraţia artificială sau masajul cardiac) victima poate fi reanimată, adesea după un timp îndelungat de la instalarea morţii aparente. Electrotraumatismele constau din arsuri şi metalizări ale epidermei, prin pătrunderea în tegument a stropilor de metal topit sub acţiunea arcului electric. Încetarea din viaţă poate fi cauzată şi de arsurile întinse, care au atins organe vitale. Cele mai periculoase efecte le dă curentul de frecvenţă industrială (40...60 Hz), la care se produc convulsii, care fac ca omul să nu se mai poată elibera de sub acţiunea curentului. La frecvenţe foarte înalte (peste 400 kHz) nu se mai produc electrocutări, dar rămîne pericolul arsurilor cauzate de curenţii de valoare mare. Limita maximă a curenţilor nepericuloşi care trec prin organismul uman este de 10 mA la 50 Hz şi 50 mA în curent continuu. Un curent alternativ de peste 50 mA, care trece prin organe vitale un timp mai mare de 0,1...0,2 s poate fi mortal. Valoarea curentului ce se stabileşte prin corp depinde de tensiunea la care este supus corpul şi de rezistenţa totală (rezistenţa de contact la intrare şi la ieşire din corp şi rezistenţa organismului). Rezistenţa corpului este formată în cea mai mare parte de rezistenţa pielii şi are valori de 40...100 kΩ. Dacă conductivitatea epidermei a crescut ca urmare a umidităţii (transpiraţiei) sau a altor factori ai mediului ambiant, rezistenţa organismului scade la 600...1000 Ω. La înlăturarea pielii sau la străpungerea acesteia, cînd tensiunea depăşeşte 60...100 V, rezistenţa poate scădea la 200 Ω. Rezultă că în situaţii defavorabile (încăperi cu pardoseală bună conducătoare, umiditate mare, aer cu praf conductor etc.) chiar tensiuni de valoare mică

(de ordinul zecilor de volți) pot produce accidente grave de electrocutare.

efecte termoelectrice, fenomene fizice ce se produc în corpuri solide, caracterizate prin interdependența dintre mărimile termice și cele electrice care intervin. Se cunosc: *Efectul Seebeck (e.t. direct)*, descoperit în 1921, constă în apariția unei tensiuni electromotoare într-un circuit format din două sau mai multe metale sau semiconductoare diferite, ale căror puncte de contact se află la temperaturi diferite *(tensiune termoelectromotoare)*. Coeficientul Seebeck se definește ca derivata tensiunii termoelectromotoare în raport cu temperatura la un circuit deschis format din două metale sudate la un capăt ($\rightarrow termocuplu$), $k_S = \frac{dU_{AB}}{dT}$. *Efectul Peltier (e.t. invers)* constă în degajarea sau absorbția unei cantități de căldură în regiunea de contact a două metale sau semiconductoare diferite la trecerea unui curent electric (în afara căldurii degajate prin efect Joule). *Efectul Thomson* acționează într-un metal sau semiconductor omogen parcurs de curent și încălzit neuniform, prin degajarea sau absorbția de căldură, în funcție de sensul curentului. E.t. se utilizează la măsurarea temperaturii, la producerea energiei electrice *(→ convertoare termoelectrice)*, la încălzirea sau răcirea corpurilor *(răcitor termoelectric)*.

eficacitate luminoasă, indicator energetic al surselor de lumină, definit ca raport între fluxul luminos emis de lampă și puterea consumată, $\eta = \Phi/P$. Valoarea maximă a e.l. s-ar obține dacă toată puterea consumată de sursa de lumină s-ar transforma în radiații luminoase cu lungimea de undă de 550 nm și ar fi egală cu 680 lm/W *(echivalentul fotometric al radiației)*. Valorile reale ale e.l. sînt mult mai reduse, pe de o parte, pentru că nu toate radiațiile au lungimea de undă corespunzătoare sensibilității maxime a ochiului (550 nm, culoare galben-verzui), o parte fiind în spectrul invizibil, pe de altă parte, pentru că o mare parte din puterea consumată de lampă se transformă în căldură, prin pierderi. Lămpile electrice actuale au următoarele valori ale e.l. (valorile superioare la puteri mai mari): *lămpi cu incandescență normale* 8...18 lm/W; *lămpi cu incandescență cu halogeni* 20...28 lm/W; *lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune* 35...50 lm/W; *tuburi fluorescente* 25...55 lm/W; *lămpi cu vapori de sodiu* 73...120 lm/W. E.l. a lămpilor scade în decursul exploatării datorită îmbătrînirii (în special la lămpile fluorescente).

Einstein, Albert (1879—1955), fizician german. Creatorul teoriei relativității. Emigrat din Germania (1933) și stabilit în S.U.A. (1940). Profesor universitar la Berlin și Princeton. Studii privind structura materiei și ipoteza cuantelor lui M. Planck. În 1905 explică efectul fotoelectric (extern) pe baza naturii corpusculare (discontinui) a luminii, introducînd noțiunea de foton. În același an publică (în revista „Annalen der Physik") teoria relativității restrînse, care modifică legile mecanicii newtoniene, în special la viteze mari, teorie ce stă la baza electrodinamicii relativiste. În 1915 explică efectul de rotire a unui corp feromagnetic în timpul magnetizării și demagnetizării sale *(efectul Einstein-de Haas)*. Emite și publică (1915 și 1916) teoria relativității generalizate, conform căreia legile generale ale tuturor fenomenelor fizice sînt aceleași în toate sistemele de referință din univers, inerțiale sau neinerțiale. În 1917, enunță legile statistice ale proceselor de emisie spontană și de absorbție a luminii de către atomi și ale emisiei stimulate a luminii, pe baza cărora s-a construit ulterior laserul (1960). Enunță, în 1928, teoria cîmpului unitar (magnetismul și gravitația sînt două aspecte ale aceluiași fenomen). A militat pentru dezarmarea nucleară și pentru controlul internațional al energiei atomice. În 1921 a fost distins cu Premiul Nobel pentru fizică.

elastanță → capacitate electrică.

electricitate. 1. Ramură a fizicii care studiază fenomenele electrice. Ea cuprinde electrostatica și electrocinetica. **2.** Sarcină electrică.

electrizare, aducerea unui corp în stare de încărcare cu sarcini electrice. Sarcinile electrice se pot produce prin frecare, prin contact, prin influență, prin acțiuni electrochimice, prin iradiere cu lumină etc.

electroacustică, ramură a acusticii tehnice care se ocupă cu transformarea oscilațiilor acustice în semnale elcctromagnetice și invers, precum și cu înregistrarea, redarea și transmiterea semnalelor electroacustice.

electrobuz, automobil de transport în comun cu acționare electrică și alimentare de la o baterie de acumulatoare amplasată pe vehicul sau pe o remorcă tractată de acesta.

electrocapsă, capsă electrică.

electrocar, cărucior acționat electric cu alimentare de la baterie folosit la transportul materialelor pe distanțe scurte (de ex., transport uzinal). *E. platformă* pot transporta, cu viteze de 5...10 km/h sarcini de cîteva tone, fiind acționate de unul sau două motoare de curent continuu cu excitație în serie. *E. stivuitoare (electrostivuitoare)* sînt echipate cu dispozitive hidraulice de ridicare pe verticală (la înălțimea de 3...4 m) a sarcinilor de ordinul tonelor. *E. tractoare* sînt destinate tractării unor cărucioare platformă.

electrochimie, ramură a tehnicii care se ocupă cu transformarea energiei chimice în energie electrică (elemente galvanice reversibile și ireversibile) și a energiei electrice în energie chimică (electroliza soluțiilor și a topiturilor).

electrocinetică, capitol al electrotehnicii care studiază stările și fenomenele staționare (cvasistaționare) care se produc în conductoarele străbătute de curenți electrici de conducție.

electrocutare → efecte fiziologice ale curentului electric.

electrod, conductor care servește la introducerea, scoaterea sau modificarea curentului într-un dispozitiv sau sistem, în care curentul influențează asupra desfășurării unor procese (electronice, ionice, termice, chimice sau metalurgice). E. la care sarcinile electrice negative intră în dispozitiv (curentul iese din el și intră în circuitul exterior) se numește *catod*; e. la care sarcinile negative ies din dispozitiv (curentul iese din circuitul exterior și intră în dispozitiv) se numește *anod*; e. cu care se modifică valoarea unui curent se numește *e. de comandă*; e. cu care se amorsează o descărcare electrică se numește *e. de aprindere* (la → *ignitron* acest e. se mai numește → *ignitor*). În funcție de utilizare, există mai multe feluri de e. La lămpile electrice, tuburile electronice, cu vid și la tuburile ionice, cu gaz sau cu vapori de mercur, e. sînt fixați odată cu solidificarea sticlei topite (la tuburile de sticlă), sau cu ajutorul unor izolatoare de trecere (la tuburile metalice). La dispozitivele semiconductoare, pe lîngă denumirile de anod, catod, e. de comandă, poartă sau grilă (denumire corectă numai la tuburile electronice și ionice), în cazul tranzistoarelor se folosesc denumiri proprii: *emitor* (sau *emiter*), pentru e. care emite electroni în circuitul exterior; *colector*, pentru e. care primește electroni din circuitul exterior; *bază*, pentru e. de comandă. La elementele galvanice care debitează curent, catodul este e. pozitiv, iar anodul, e. negativ. La cuptoarele cu arc electric e. aduc curentul în spațiul de lucru și produc arcul electric. Se confec-

ționează din cărbune sau grafit. *E. de cărbune* se fabrică din antracit, cocs și smoală, prin presare și sinterizare, la temperatura de 1 000°C. *E. de grafit*, mai scumpi, dar cu calități mecanice și electrice superioare, se obțin prin încălzirea la 2 500°C a **e.** de cărbune, în cuptoare electrice speciale. Consumul **e.** de grafit este cu 50% mai mic decît al e. de cărbune. Mai nou, se folosesc e. de grafit goi în interior, care asigură o ardere mai stabilă a arcului și o funcționare mai liniștită a cuptorului. La unele cuptoare cu arc în vid, cu alimentare în curent continuu, **e.** sînt neconsumabili. *E. continui (autografitați)*, folosiți cu precădere la cuptoarele de reducere, se sinterizează direct în cuptor, introducîndu-se compoziția pentru **e.** sub formă de pastă, într-o țeavă de oțel, care, pe măsură ce se consumă, prin topirea în cuptor, se îmbină prin sudare cu altă țeavă *(procedeul Söderberg)*. E. autografitați sînt mai ieftini și nu necesită îmbinări cu cepuri conice filetate ca ceilalți **e.** E. cuptoarelor cu arc au diametre între 100 și 1000 mm și suportă densități de curent de 7—11 A/cm², la e. de cărbune, și 15—28 A/cm², la e. de grafit (valorile mai mari pentru diametre mai mici). E. de sudare manuală cu arc electric sînt, de regulă, metalici, acoperiți cu un înveliș format dintr-un amestec de substanțe care prin topire asigură stabilitatea arcului, favorizînd ionizarea și îmbunătățesc calitatea îmbinării sudate, protejînd-o de oxidare. E. neînveliți se folosesc numai la sudarea automată sau în medii protectoare (de ex., în argon). La instalațiile electrochimice **e.** diferă în funcție de electrolit. E. folosiți la electroliza soluțiilor apoase sînt *solubili* (de ex., anozii de cupru, la rafinarea cuprului) sau *insolubili* (de ex., cărbune, la electroliza clorurilor alcaline, sau carbură de siliciu, la fabricarea sodei caustice). E. folosiți la electroliza topiturilor (de ex., la extragerea aluminiului din alumină), sînt de cărbune sau grafit *(→ anozi)*.

electrod de aprindere → electrod.

electrod de comandă → electrod, → tiristor.

electrodinamică, capitol al electromagnetismului, care studiază înlănțuirea dintre cîmpul electric și cîmpul magnetic la variația în timp a mărimilor de stare *(cîmpul electromagnetic)*, precum și interacțiunea dintre cîmpul electromagnetic și corpuri. *E. macroscopică* admite o structură continuă a materiei și studiază cîmpul electromagnetic cu mărimi definite la scară macroscopică *(→ ecuațiile lui Maxwell*, respectiv *Maxwell-Hertz* pentru corpuri în mișcare). Teoria e. macroscopice este suficient de exactă pentru majoritatea aplicațiilor tehnice. *E. macroscopică relativistă* este bazată pe teoria relativității restrînse *(ecuațiile Maxwell-Minkowski)*. *E. microscopică*, bazată pe teoria electronilor (H. A. Lorentz, 1905), ține seama de structura discontinuă a materiei și studiază cîmpul cu ajutorul ecuațiilor *Maxwell-Lorentz* (cîmpul electromagnetic este considerat continuu). În *e. cuantică* mărimile caracteristice particulelor și sistemelor de particule sînt cuantificate (pot avea valori aparținînd unui șir discret), iar cîmpul electromagnetic poate manifesta o structură discretă, ca fiind alcătuit din particule elementare *(→ fotoni)*.

electroenergetică, ramură a electrotehnicii care se ocupă cu producerea, transportul și distribuția energiei electrice. În România, în perioada antebelică, e. era slab dezvoltată, datorită stării economice înapoiate, consumul de energie electrică pe cap de locuitor fiind printre cele mai reduse din Europa (72 kWh/locuitor în 1938). Această situație exista în pofida faptului că numeroase utilizări ale energiei electrice în țară se situau printre primele din lume (ex. centrala electrică de 25 kW de la București, pusă

în funcțiune în septembrie 1882, la numai cîteva zile după punerea în funcțiune a primei centrale electrice, construite de T. A. Edison la New York; primul iluminat public din Europa, la Timișoara, în noiembrie 1884; prima acționare electrică din lume la extracția petrolului, lîngă Cîmpina, în 1897). Conștient de rolul **e.** în dezvoltarea economică a țării, Partidul Comunist Român a adoptat (în 1950), planul de electrificare a țării pe 10 ani (1951—1960), care prevedea construirea de centrale electrice de mare putere, amenajarea complexă a potențialului hidroenergetic al țării, dezvoltarea rețelei de transport și distribuție, electrificarea industriei, agriculturii și transportului. Dezvoltarea **e.** în ultimele două decenii (1965—1985) a avut un rol însemnat în progresul economico-social din această perioadă, fără precedent din istoria țării. Consumul de energie electrică pe cap de locuitor, în 1983 (3115 kWh/locuitor) era de 43 ori mai mare decît în 1938 și de peste 3 ori mai mare decît în 1965 (tabelul 3), situînd România în rîndul țărilor cu e. avansată. În 1981, peste 24% din energia primară consumată în țară a fost transformată în energie electrică, față de numai 10% în primii ani de după război. Din energia electrică consumată în prezent, peste 80% revine industrici (inclusiv construcțiile, transporturile și telecomunicațiile), 10% consumului casnic-edilitar și peste 5% agriculturii și silviculturii (față de 1,3% în 1955). Creșterea consumului din agricultură se datorește, în primul rînd, dezvoltării sistemului de irigații și are efecte favorabile asupra aplatizării curbei de sarcină, fiind consum în afara vîrfului. Documentele adoptate de Congresul al XII-lea, Programul directivă de cercetare și dezvoltare a energiei pînă în 1990 și orientările principale pînă în anul 2000, au stabilit orientări noi în structura balanței **e.**, reducerea hidrocarburilor în producerea energici electrice, creșterea ponderii cărbunilor inferiori (lignit), construirea de centrale electrice nucleare (660 MW în 1985, 3960 MW în 1990, 10.000 MW în anul 2000). Dacă în 1965, din energia electrică produsă în termocentrale 19,6% era pe bază de cărbuni (din aceștia, 7,2% lignit), 79,7% pe hidrocarburi (păcură, motorină și gaze naturale), în 1983 structura era: cărbuni — 33% (lignit — 23,5%); hidrocarburi — 62,6%. În prezent practic nu se mai consumă motorină la producerea energiei electrice. A crescut ponderea energiei electrice produse în hidrocentrale:

Tabelul 3

Dezvoltarea producției de energie electrică și a puterii instalate în centrale*

Anul	Producția (miliarde kWh)	din care		Pe locuitor (kWh)	Puterea instalată (MW)	din care	
		termoelectrică	hidroelectrică			în termocentrale	în hidrocentrale
1938	1,13	0,982	0,148	72	501	453	48
1950	2,113	1,944	0,169	130	740	680	60
1965	17,215	16,210	1,005	905	3258	2797	461
1975	53,721	45,009	8,712	2529	11578	8945	2633
1980	67,486	54,849	12,637	3040	16109	12654	3455
1983	70,260	60,222	10,038	3115	17988	14103	3885

* Anuarul statistic al Republicii Socialiste România, 1984

5,8% în 1965; 16,2% în 1975; 18% în 1981. Principalele centrale electrice (în funcțiune în 1983) sînt: *centrale termoelectrice* (cu termoficare — CET): Rovinari (1720 MW); Turceni (1650 MW); Mintia-Deva (1260 MW); Işalnița-Craiova (1035 MW, CET); Brăila (960 MW); Iernut-Luduș (800 MW); Brazi-Ploiești (860 MW, CET); București-Sud (550 MW, CET); Borzești (655 MW, CET); Doicești (520 MW); Galați (325 MW, CET); Paroșeni (300 MW, CET); Fîntînele-Sîngeorgiu de Pădure (250 MW); București-Vest (250 MW, CET); Palas-Constanța (250 MW, CET); *centrale hidroelectrice*: Porțile de Fier I (1050 MW); Ciunget-Lotru (510 MW); Corbeni-Argeș (220 MW); Stejaru-Bicaz (210 MW); Mărișeiu, pe Someșul Cald (220 MW); Gilceag, pe Sebeș (150 MW). Sistemul de hidrocentrale de pe Olt va însuma în final 1000 MW. Transportul energiei electrice s-a dezvoltat continuu, pierderile în rețelele de transport și distribuție au scăzut de la 11% în 1965 la 5,3% în 1983 (conform Anuarului statistic al R.S.R., 1984). În 1950 lungimea liniilor de 110 kV era de 126 km; în 1984 este de peste 23000 km. Lungimea liniilor de 220 kV (prima construită în 1963) și de 400 kV (prima construită în 1965) depășește 8000 km. Se prevede construirea treptată pe teritoriul țării a unui inel format de linii de 400 kV cu dublu circuit, o parte a acestor linii fiind deja în funcțiune (Rovinari-Turceni și Turceni-Slatina). Sistemul energetic național este conectat la sistemul energetic al țărilor socialiste din CAER (o linie de 400kV în legătură cu sistemul energetic al părții ucrainene de vest a U.R.S.S., două linii de 220 kV cu Ungaria și Bulgaria). (tabelul 3)

electroeroziune, prelucrare prin eroziune electrică.

electrofiltru, dispozitiv folosit la separarea pulberilor aflate în suspensie într-un gaz, în special în gazele de ardere. În principiu e. este alcătuit dintr-un electrod format de o rețea de sîrmă cu diametru mic (0,1...1 mm), aflat la o tensiune continuă de 30...80 kV și un electrod de captare, de formă cilindrică sau plană (fig. 115). În jurul electrodului negativ cîmpul electric este foarte intens și

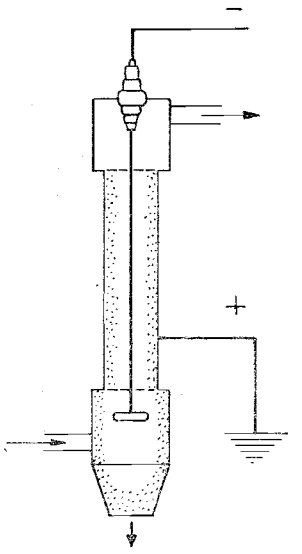


Fig. 115

se produce o descărcare corona (→ *efect corona*), curentul de descărcare fiind sub 3 mA. Particulele în suspensie traversînd zona de descărcare se încarcă cu sarcină electrică negativă și sub acțiunea forțelor electrostatice cad pe electrodul pozitiv de captare, de suprafață mare, de unde sînt evacuate prin scuturare. *E. cu mai multe trepte* utilizate la desprăfuirea gazelor de ardere de la termocentralele pe bază de cărbune, înlătură pulberile din fum în proporție de 98%. E. se utilizează la recuperarea pulberilor de ciment, a concentratelor de minereu, etc. Sin. *filtru electrostatic.*

electroforeză, deplasare a particulelor coloidale sau în suspensie încărcate cu sarcină electrică, într-un fluid aflat în cîmp electric

electrolit, substanță ale cărei molecule, prin dizolvare sau topire, se disociază în ioni, permițînd trecerea curentului electric. Unii e., cum sînt majoritatea sărurilor, constau din ioni chiar în stare pură (în topitură) și cristalizează în rețele ionice. Alții, cum sînt acizii, disociază numai în soluție. *E. tari* (acizii tari, bazele alcaline și sărurile) sînt complet disociați la orice concentrație și au conductivitate ridicată. *E. slabi* (acizi și baze slabe) au gradul de disociere și deci conductivitatea dependente de concentrație (disociere completă la concentrații mici). E. se utilizează în procesele electrochimice (→ *element galvanic*, → *acumul ator*, → *electroliză*).

electroliză, procesul de orientare și de separare a ionilor unui → *electrolit* cu ajutorul curentului continuu. Ionii pozitivi (cationii) sînt dirijați înspre catod, ionii negativi (anionii) înspre anod unde își pierd sarcina și se depun sau intră în reacție chimică (la anod — proces de oxidare, la catod — reducere). Tensiunea minimă la care se poate desfășura e. se numește *tensiune de descompunere* și depinde de poziția pe care o are substanța în seria potențialelor electrochimice (→ *potențial de electrod*). Tensiunea la bornele electrozilor trebuie să acopere și căderea de tensiune în electrolit, în contacte și în electrozi (eventual și tensiunea de polarizare). Masa elementului separat prin e. este dată de → *legea electrolizei (legea lui Faraday)*. Dacă în electrolit sînt mai mulți ioni de același semn, la electrozi se produc procesele care necesită energia minimă (de ex., la catod se produce procesul cel mai electropozitiv, iar la anod — cel mai electronegativ). Aplicațiile tehnice ale e. sînt extragerea metaloizilor (de ex., e. clorurii de sodiu) și → *electrometalurgia.*

electrolizor, cuvă metalică, de beton sau din materiale refractare în care se desfășoară procesul de electroliză. Căptușeala e. trebuie să reziste la acțiunea chimică a electrolitului (de ex. plumb la instalațiile de galvanizare sau grafit la electroliza aluminei dizolvate în criolit topit). Sin. *celulă de electroliză.*

electroluminescență *(luminescență electrică)*, emisiune de radiații luminoase produsă prin excitarea atomilor în cîmp electric, independent de starea termică a corpului care radiază. E. se produce la descărcările electrice în gaze sau vapori metalici, precum și la unele substanțe solide, dielectrice, aflate în cîmp electric alternativ. O sursă de lumină cu e. *(placă e.)* constă (fig. 116) din doi electrozi, dintre care unul este transparent (de sticlă, ceramică sau material plastic) și acoperit cu un strat foarte subțire (de ordinul μm) de metal; între electrozi se află substanța electroluminescentă solidă (de ex., ZnS impurificată cu cupru, care dă o lumină verde). Electrozii se conectează la sursa de curent alternativ, cîmpul din dielectric avînd valori de ordinul kV/cm. Plăcile electroluminescente se pot aplica pe tavane sau pereți, în special pentru iluminatul de veghe (pe culoare, în camere de spital etc.). Sursele cu e. au eficacitatea luminoasă de 5...10 lm/W, la un consum de

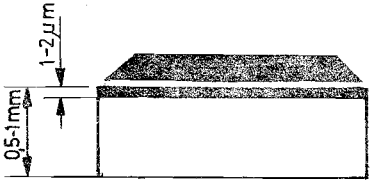


Fig. 116

cca 2 W/m². E. se mai aplică la indicatoare și firme luminoase, luminoscheme, scale luminoase etc.

electromagnet, aparat al cărui circuit magnetic este magnetizat temporar cu ajutorul curentului de conducție. E. poate realiza conversia energiei electrice în energie mecanică prin intermediul energiei magnetice, dezmai căldurii degajate în bobina de excitație. Dacă armătura e. este plană și cîmpul magnetic omogen, în ipoteza unei permeabilități magnetice a fierului infinite, forța de atracție a e. de curent continuu poate fi calculată

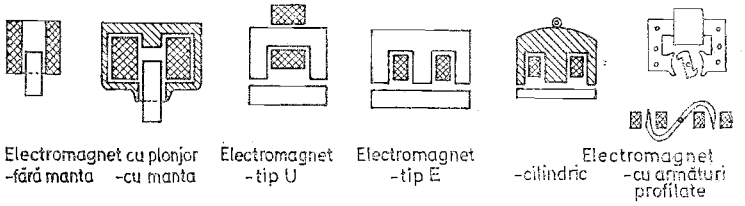


Fig. 117

voltînd forțe și cupluri capabile să producă lucru mecanic. E. se întîlnesc și la mașinile electrice cu poli inductori, unde produc fluxul de excitație, și la acceleratoarele de particule care folosesc cîmpuri magnetice foarte intense. Părțile principale ale unui e. sînt → *circuitul magnetic*, format din miez, armătură și întrefier, și *bobina de excitație*, alimentată în *curent continuu, alternativ* sau cu *impulsuri*. În fig. 117 sînt prezentate cîteva forme constructive. E. se utilizează la acționarea aparatelor de joasă și înaltă tensiune *(dispozitive de acționare electromagnetice)*, la construcția releelor și instrumentelor de măsurat, la instalații de ridicat *(e. de ridicare)*, la fixarea pieselor pe mașini unelte sau la ambreiaje electromagnetice, la acționarea dispozitivelor de frînare *(e. de frînare)*, la ventile electrohidraulice și electropneumatice, la suspendarea vehiculelor cu motoare liniare etc. *E. de curent continuu* are curentul prin bobină limitat numai de rezistența sa, $I = U/R$ (după terminarea regimului tranzitoriu de conectare). Cîmpul magnetic fiind constant, în circuitul magnetic nu se produc pierderi (prin curenți turbionari sau prin histerezis), astfel încît acesta poate fi masiv. Încălzirea e. de curent continuu se datorește numai

cu formula lui Maxwell $F = \frac{B^2 S}{2\mu_0}$, în care B este inducția din întrefier; S — aria polului în fața întrefierului, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m — permeabilitatea magnetică a vidului. Dependența forței de atracție de întrefier, la diferiți curenți de excitație, pentru un e. cu plonjor și manta este prezentată în fig. 118. Pentru o utilizare eficientă a e., caracteristicile $F = f(\delta)$ trebuie să aibă o formă asemănătoare cu caracteristicile forței rezistente $F_r = f(\delta)$, care au alură diferită la diferite utilizări ale e. (de ex., la ridicarea unei greutăți $F_r = \text{const.}$; la tensionarea unui resort $F_r = k_1 - k_2\delta$ etc.). Influențarea formei caracteristicilor e. se poate face prin adoptarea unei

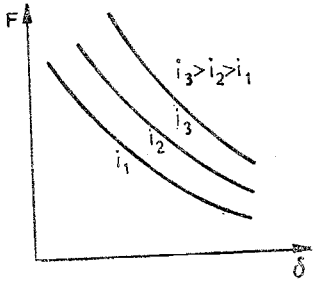


Fig. 118

forme constructive adecvate pentru armătura circuitului magnetic. Timpul de acționare a e. se poate influența, de asemenea, prin măsuri constructive sau prin tehnici adecvate de alimentare (excitare rapidă, supraexcitare etc.). Reducerea supratensiunii ce apare la deconectarea bobinei de excitație se obține prin conectarea unor elemente amortizoare (rezistoare sau diode semiconductoare) în paralel cu bobina, măsuri care afectează însă negativ rapiditatea e. Reducerea consumului e. de curent continuu se face prin înscrierea unor rezistoare economizoare, după ce armătura a fost atrasă. La *e. de curent alternativ* curentul absorbit este limitat de impedanța bobinei de excitație. Reactanța inductivă a bobinei depinde de poziția armăturii, avînd valoarea minimă la întrefierul maxim, ceea ce face ca la conectare curentul prin bobină să fie de 5...10 ori mai mare decît la funcționarea cu armătura lipită de miez. Blocarea armăturii în poziție deschisă poate cauza arderea bobinei e. Cîmpul magnetic alternativ produce în circuitul magnetic → *pierderi electrice* prin histerezis și prin curenți turbionari, motiv pentru care circuitul magnetic se confecționează din tole de tablă silicioasă izolate, fixate prin nituire, încleiere sau prin încorporarea în material plastic. Forța de atracție pulsează între o valoare maximă și zero cu o frecvență egală cu dublul frecvenței tensiunii de alimentare. Valoarea medie a forței se calculează cu aceeași formulă ca în curent continuu. Vibrațiile cauzate de variația forței de atracție pot fi suprimate prin echiparea polilor cu → *spire ecran* (spire în scurtcircuit), care cuprind o parte a polului. Fluxurile magnetice care străbat porțiunea ecranată, respectiv neecranată a polului sînt defazate în timp, astfel încît în nici un moment forța de atracție nu se anulează. Spira ecran se dimensionează astfel încît forța minimă de atracție să aibă o valoare cît mai mare.

La închiderea imperfectă a armăturii, chiar la întrefier de 0,2...0,4 mm, forța minimă poate deveni zero, ceea ce face ca depunerile de praf sau abaterile de prelucrare să producă vibrații supărătoare chiar la e. cu poli ecranați. *E. cu impulsuri de curent (e. polarizat)* are circuitul magnetic confecționat, parțial sau total, din material feromagnetic dur (magnet permanent) care menține armătura atrasă chiar la deconectarea bobinei. E. se alimentează cu un impuls de curent numai la anclanșare, pentru a se mări fluxul magnetic din întrefier și cu un impuls, de valoare mai mică, dar de sens contrar, la declanșare. E. polarizați sînt mai scumpi, dar dezvoltă forțe mai mari, la același gabarit și mai au avantajul că nu declanșează la dispariția tensiunii de alimentare. *E. cu bobine supraconductoare* se folosesc la producerea unor cîmpuri magnetice puternice (pînă la 10 T cu înfășurare de NbTi; pînă la 15 T — Nb_3Sn sau V_3Ga). Energia consumată de e. supraconductori acoperă numai pierderile cauzate de izolația termică imperfectă a → *criostatelor*. E. supraconductori se utilizează în fizica nucleară și în fizica plasmei, precum și la producerea cîmpului de excitație la generatoarele sincrone de mare putere.

electromagnetism, capitol al fizicii care studiază fenomenele electromagnetice.

electrometalurgie, totalitatea tehnologiilor de obținere a metalelor și aliajelor din minereuri sau deșeuri (fier vechi, oxizi etc.) prin procedee electrolitice sau electrotermice. *Hidroelectrometalurgia* utilizează electroliza soluției apoase a sării metalului respectiv, folosind anozi solubili sau insolubili în electrolit. La *rafinarea* metalelor (Au, Ag, Cu, Ni, Pb, Sn etc.) se folosește procedeul cu *anozi solubili* (formați din metalul ce se rafinează). Prin electroliză metalul din anodul brut trece în soluție și este depus pe catodul format dintr-o foaie de metal pur. Impuritățile trec parțial în solu-

ție, care se înlocuiește periodic, și, parțial, în nămolul anodic. La *extragerea* metalelor din minereuri se aplică procedeul cu *anozi insolubili*; prin electroliza soluției în care este dizolvat minereul, metalul este depus pe catozii formați din același metal, pur. *Electroliza topiturilor* se aplică la extragerea → *aluminiului*, sodiului, potasiului, cesiului etc. Căldura care menține electrolitul în stare topită se degajă la trecerea curentului prin baie: reprezintă 60...70% din întreaga energie consumată. Procedeele metalurgice *electrotermice* folosesc cuptoare electrice (cu arc, de inducție etc.) și prezintă avantajul unei dozări exacte a energiei, deci dau posibilitatea controlului precis al temperaturii. Independența față de oxigenul din atmosferă permite utilizarea atmosferei controlate sau a procedeelor în vid, în scopul elaborării unor metale sau aliaje de înaltă puritate.

electrometru, instrument de măsurare a tensiunilor și sarcinilor electrice bazat pe apariția forțelor electrostatice între doi electrozi metalici încărcați. Cel mai utilizat este *e. cu cuadranți (cu cadrane)*, care constă dintr-o cutie metalică plată, cu rol de ecran electrostatic, în care se află patru cadrane metalice, legate conductiv, în cruce, două cîte două. În interiorul cadranelor se poate roti o foiță metalică în formă de opt, suspendată de un fir de torsiune, care dă și cuplul antagonist. Dacă între o pereche de cadrane și foiță se aplică o tensiune U, foița este atrasă în interiorul cadranelor cu o forță proporțională cu U^2 (la această schemă a doua pereche de cadrane este legată galvanic la foiță). Indicația deplasării este dată de un spot luminos reflectat de o oglindă fixată pe firul de torsiune. Constanta aparatului se poate determina aplicînd între electrozi o tensiune cunoscută.

electromobil, vehicul rutier cu tracțiune electrică și alimentare de la o sursă de energie electrică transportată de însuși vehiculul acționat. Sursa de energie o constituie o baterie de acumulatoare, încărcată, de preferință, noaptea, cînd tariful poate fi mai redus sau schimbată la stații de încărcare, o pilă de combustie (→ *convertor electrochimic*), sau o sursă hibridă (acumulator + pilă). Sistemul de acționare electrică folosește mutatoare cu tiristoare, care permit pornirea și reglarea vitezei fără pierderi de energie, iar frînarea este recuperativă. E. cuprind vehicule de transport în comun (→ *electrobuze*), de transport al materialelor (camionete, utilitare, → *electrocare*), sau autoturisme cu acționare electrică. E., spre deosebire de automobilele cu motoare termice, nu poluează, chimic sau sonor. Principalii indicatori ai e. sînt autonomia (distanța ce poate fi parcursă fără încărcarea bateriei), sarcina utilă și viteza maximă. Performanțele actuale limitează utilizarea e. la transportul urban dar este de așteptat o ameliorare a indicatorilor odată cu micșorarea greutății specifice a acumulatoarelor. Sin. *automobil electric*.

electromotor, motor electric.

electron, particulă elementară stabilă încărcată cu cea mai mică sarcină electrică negativă (*sarcină elementară*, cuantă electrică, → *constantă*) și cu masa de repaus egală cu a 1837-a parte a masei atomului de hidrogen. *E. de conducție (e. liberi)* sînt purtătorii de sarcină electrică în curentul de conducție din metale și semiconductoare. *E. de valență* sînt e. care participă la legăturile de valență, fiind situați pe orbitele exterioare ale atomilor. Prin excitație, ei pot emite radiații electromagnetice (luminoase sau invizibile). Denumirea de e. a fost introdusă (1891) de G. J. Stoney.

electronică de putere, ramură a tehnicii care se ocupă cu dispozitivele semiconductoare de putere și aplicațiile lor (→ *mutator*). Sin. *electronică energetică*.

electronică energetică, electronică de putere.

electronvolt (eV), unitate de măsură (tolerată) pentru energie, egală cu variația energiei unui electron ce parcurge distanța dintre două puncte între care există o diferență de potențial de 1 V. 1 eV = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ J.

electroosmoză, fenomen ce însoțește electroliza în prezența unei membrane sau a unor tuburi capilare. E. este caracterizată de transportul lichidului prin membrană sub acțiunea diferenței de potențial dintre cele două fețe ale sale. E. se utilizează la purificarea caolinului, la uscarea lemnului, la desalinizarea apei de mare etc.

electropalan, palan electric, palan cu acționare electrică, fix sau deplasabil (manual sau electric) pe o grindă de rulare, monoșină, cablu etc.

electroprelucrare → prelucrare prin eroziune electrică.

electroscop, aparat care indică prezența sarcinilor electrice mici, bazat pe respingerea unor foițe metalice încărcate cu sarcină de același semn. Cele două foițe de staniol sînt legate de o tijă metalică, introdusă într-un vas de sticlă sau de metal printr-un dop izolant. La atingerea capătului exterior al tijei cu un corp încărcat cu sarcină electrică foițele se depărtează. Există diferite tipuri de e.; dacă e. este etalonat se numește → *electrometru*.

electrostatică, parte a electrotehnicii care studiază și aplică fenomenele în care repartiția sarcinilor electrice nu variază în timp și nu se degajă căldură în conductoare, neexistînd curent electric de conducție. Forțele de atracție sau de respingere exercitate de cîmpul electric asupra particulelor cu raport mare între suprafață exterioară și masă se utilizează în diferite domenii: desprăfuirea gazelor (→ *electrofiltru*), vopsire sau lăcuire e., separarea e. a pulberilor de minereu, → *xerografie* etc. Încărcarea unor corpuri izolante cu sarcini electrice în unele procese tehnologice poate fi dăunătoare, deoarece se pot produce incendii datorită scînteilor electrice (de ex., la acționările cu curele, la benzile rulante de cauciuc, la mașinile de prelucrat hîrtia, materialele plastice și textilele, la scurgerea prin conducte a unor fluide cu conductivitate electrică mică, cum ar fi benzina etc.).

electrostivuitor → electrocar.

electroșoc → efecte fiziologice ale curentului electric.

electrotehnică, disciplină a științelor tehnice care studiază aplicațiile fenomenelor electromagnetice, respectiv ramură a industriei care aplică aceste fenomene (→ *industrie electrotehnică*). Termenul e. (electricitate tehnică) a fost introdus în 1880 (la propunerea lui W. Siemens), au care marchează desprinderea e. de știința fizicii și dezvoltarea sa ca ramură de sine stătătoare, datorită numeroaselor aplicații industriale și aportului adus la progresul tehnicii. E., energia electrică, au adus mutații în baza de materii prime (de ex., extragerea aluminiului), modul de producție, caracterul și productivitatea muncii (mecanizarea, automatizarea, robotizarea), agricultură (fabricarea îngrășămintelor chimice, irigații), transporturi, mass-media (cinematograful, radioul, televiziunea), tehnica experimentală etc. E. a stat la baza dezvoltării telecomunicațiilor, electronicii, automaticii, informaticii, care, treptat, au devenit, la rîndul lor, discipline tehnice de sine stătătoare. Începutul revoluției științifice și tehnice contemporane a fost marcat de aplicațiile practice ale electromagnetismului, ale căror fenomene sînt descrise de → *ecuațiile lui Maxwell*, tot așa cum principiile termodinamicii, ciclul Carnot (Sadi Carnot, 1796—1832), au stat la baza folosirii mașinilor termice în secolul XIX — secolul aburului —, sau legile dinamicii clasice enunțate de Isaac Newton (1642—1727) au

marcat revoluția industrială provocată de folosirea instalațiilor mecanice în secolul XVIII. E. joacă un rol cheie în atingerea obiectivelor de dezvoltare a țării noastre, de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate, de creare a bazelor tehnico-materiale ale înaintării spre comunism. Edificatoare în această privință este dezvoltarea producției de energie electrică, de la 1,5 miliarde kWh în anul 1948, la 71,6 miliarde kWh în 1984 și la 95...97 miliarde kWh, cît se prevede pentru anul 1990. E. se ocupă cu proiectarea, construcția, încercarea și exploatarea echipamentelor de producție, conversie, transport, distribuție și utilizare a energiei electrice. Principalele ramuri ale e. sînt următoarele: mașini electrice, aparate electrice, măsurări electrice, aparate electrice și tehnica tensiunilor înalte, conversia energiei electrice, echipamente electrice în centrale și stații, linii electrice de transport și rețele electrice, mutatoare, acționări electrice, tracțiune electrică, instalații și utilaje electrotermice, electrochimice și electrometalurgice, iluminat electric, instalații electrice. Problemele actuale și de perspectivă ale e. sînt: dezvoltarea sistemelor energetice, pentru a face față cererii, tot mai mari, de energie, și exploatarea lor, în condiții de eficiență tehnico-economică ridicată; creșterea puterii unitare a generatoarelor din centrale și mărirea tensiunii liniilor aeriene de transport la mare distanță (de ex., transportul în curent continuu permite depășirea tensiunii de 1000 kV, fără apariția → *efectului corona*); introducerea unor noi principii de conversie a energiei (de ex., MHD), a unor noi tipuri de aparate (de ex., cu izolație de hexafluorură de sulf), aplicarea supraconductivității; miniaturizarea echipamentelor și mărirea puterii specifice a mașinilor electrice, în scopul reducerii consumului de materiale, fapt ce necesită un calcul exact al solicitărilor electrice, termice și mecanice, care se apropie de valorile critice; fabricarea de materiale electrotehnice ieftine, cu calități superioare, înlocuirea materialelor deficitare (de ex., cuprul și plumbul); tipizarea și construcția modulară a echipamentelor, în scopul micșorării volumului de manoperă la montare, elaborarea de serii unitare, în cadrul cărora să se folosească aceleași piese la mai multe tipodimensiuni, înlocuirea conexiunilor de tip clemă — șurub cu conectoare (cuplă mamă — tată); mecanizarea și automatizarea lucrărilor de montaj, la producția de masă și de mare serie, automatizarea operațiilor de încercare prin folosirea microprocesoarelor etc. *(→ industrie electrotehnică)*.

electrotermie, ramură a electrotehnicii care studiază procedeele de transformare a energiei electrice în căldură și procesele tehnologice aferente. Consumul industrial de energie electrică în scopul producerii căldurii reprezintă 7...37%, iar în unele uzine constructoare de mașini atinge 50%. E. are aplicații în numeroase domenii: elaborarea, prelucrarea și tratarea termică a oțelurilor; topirea metalelor și aliajelor neferoase; obținerea grafitului, materialelor ceramice refractare, produselor abrazive, sticlei de cuarț, carburii de siliciu; fabricarea dispozitivelor semiconductoare; încălzirea materialelor dielectrice (lemn, materiale plastice etc.); încălzirea locuințelor și prepararea alimentelor etc. După modul de transformare a energiei electrice în căldură, utilajele și instalațiile electrotermice se împart în: cuptoare și instalații de încălzire prin rezistență, bazate pe efectul termic al curentului electric în medii conductoare solide sau lichide, conectate nemijlocit în circuitul de alimentare; cuptoare și instalații de încălzire prin inducție, bazate pe transmiterea energiei electrice corpului de încălzit prin inducție electromagnetică; cuptoare cu arc; utilaje de sudare cu arc electric; instalații de încălzire prin pierderi dielectrice, în

cîmp electric variabil; instalații cu fascicul de electroni, bazate pe transformarea în căldură a energiei cinetice a electronilor accelerați în vid la tensiune înaltă. În comparație cu încălzirea cu flacără, încălzirea electrică are următoarele avantaje: menținerea regimurilor de temperatură la valorile prescrise, cu mare precizie; posibilitatea funcționării în vid sau în atmosferă protectoare; concentrarea unor surse puternice de căldură și obținerea temperaturilor ridicate necesare topirii materialelor greu fuzibile; lipsa produselor de ardere și condiții superioare de muncă.

element de circuit, unitate funcțională a unui circuit electric avînd două sau mai multe borne de acces (de ex., rezistorul, bobina, condensatorul, dispozitivele semiconductoare, tuburile electronice etc.). E. de c. sînt *active* sau *pasive*, după cum conțin, sau nu, surse de tensiune electromotoare; *liniare* sau *neliniare*, în funcție de forma caracteristicii voltampermetrice; *disipative* sau *nedisipative*, după cum transformă, sau nu, energia electrică în căldură.

element etalon, element normal.

element galvanic, dispozitiv care transformă direct energia chimică în energie electrică. E.g. constă din doi electrozi, anodul și catodul, din metale (sau alte elemente) diferite, introduși într-un electrolit. Între electrozi se stabilește o diferență de potențial, datorită potențialelor de electrod diferite (număr diferit de ioni care trec în electrolit). Electrolitul poate fi constituit din soluții apoase ale acizilor, bazelor și sărurilor, din topituri sau din substanțe solide (săruri sau amestecuri de oxizi). Substanțele solide, lichide sau gazoase rezultate în urma reacțiilor chimice se depun pe electrozi, rămîn în electrolit sau sînt evacuate. Tensiunile electromotoare ale e.g. aplicabile în practică sînt de 0,5...2 V; pentru tensiuni mai mari se conectează mai multe elemente în serie *(→ baterii)*. Autodescărcarea e.g. fără sarcină la electrozi (în gol) se datorește reacțiilor chimice determinate de realizarea echilibrului electrochimic. *E.g. primare* sînt *ireversibile*; după consumarea energiei chimice (descărcare) nu mai sînt utilizabile. *E.g. secundare* pot fi reîncărcate, prin transformarea energiei electrice în energie chimică *(→ acumulatoare)*. Cel mai răspîndit e.g. primar este cu zinc-dioxid de mangan *(e. Leclanché, e. uscat, pilă uscată)*, a cărui funcționare este bazată pe reacția de descărcare

$$2\,MnO_2 + Zn + H_2O \rightarrow ZnO.Mn_2O_3.H_2O$$

Electrodul de zinc servește și ca vas în care se află mediul de oxidare (depolarizantul) format din dioxid de mangan amestecat cu grafit și negru de fum, în care este presat electrodul pozitiv de forma unei tije de grafit. Electrolitul este o soluție de $ZnCl_2$ —NH_4Cl, care impregnează depolarizantul. Tensiunea de mers în gol este de 1,5 V; tensiunea de descărcare de 1,2 V; densitatea de energie 50 Wh/kg (100 Wh/l). *E.g. Zn—MnO_2* sînt simple și ieftine, dar tensiunea scade pe măsură ce se descarcă, iar autodescărcarea, în special la temperaturi ridicate de depozitare, este importantă. O variantă perfecționată a acestui element folosește electrolit alcalin (KOH); tensiunea de descărcare 1,1 V, energia specifică 45 Wh/kg (140 Wh/l). A ceste e.g. funcționează bine la temperaturi joase, au autodescărcare redusă, supraîncărcabilitate bună și se pot *reîncărca* (în anumite limite), la fel ca și e.g. secundare. *E.g. Zn—HgO* are energie specifică ridicată (80...110 Wh/kg, 300...450 Wh/l) și tensiune constantă de descărcare, dar este scump. Conversia directă a energiei chimice în energie electrică se realizează și în pilele de combustie *(→ convertor electrochimic)*. Sin. *pilă galvanică*.

elemeat normal, element galvanic folosit ca etalon de tensiune electro-

motoare în măsurări electrice, fiind caracterizat de o tensiune constantă de mers în gol (cu variații neglijabile cu temperatura), $U_0 = 1{,}01830$ V.Sin. *element etalon, element Weston.*

element primar → **element galvanic.**

element secundar → **element galvanic.**

element Weston → **element normal.**

eloxare, procedeu de oxidare electrolitică a aluminiului în scopuri decorative sau de protecție împotriva coroziunii. Se aplică, de ex., la acoperirea radiatoarelor de aluminiu pentru diode de putere și tiristoare.

email, la c electroizolant utilizat la acoperirea → *sîrmei* de bobinaj, căreia îi conferă protecție față de agenții atmosferici și chimici, datorită suprafeței netede, lucioase și dure.

emisiune electronică, ieșire a electronilor de pe suprafața unui corp solid. E.e. se poate produce numai dacă o parte din electronii de conducție posedă o energie suficientă pentru depășirea lucrului de extracție (datorat saltului de potențial produs de stratul dublu de sarcini de pe suprafața conductorului). Surplusul de energie a electronilor poate fi dat prin încălzire *(e. termoelectronică)*, prin iradiere cu radiații electromagnetice *(e. fotoelectronică)* sau prin bombardarea suprafeței cu particule încărcate, electroni sau ioni (**e.** *secundară*); dacă bariera de potențial corespunzătoare lucrului de extracție este redusă cu ajutorul unui cîmp electric exterior intens, **e.** este *autoelectronică.* (→ *convertor termoionic*).

energetică, ramură a tehnicii care se ocupă cu exploatarea surselor de energie, conversia diferitelor forme de energie primară, transportul și utilizarea energiei în condiții de eficiență tehnico-economică. După natura surselor de energie → *electroenergetica* se bazează pe *termoenergetică, hidroenergetică, e. nucleară, e. eoliană, e. solară* etc.

energie (**E**, **W**), mărime fizică care măsoară capacitatea unui sistem de a efectua un lucru mecanic cînd trece dintr-o stare în alta. Dacă asupra sistemului fizic se efectuează, din exterior, un lucru mecanic, **e.** sa se mărește; dacă sistemul însuși efectuează un lucru mecanic, **e.** sa scade (dacă acțiunile nu sînt de natură mecanică, se consideră echivalentul lor în lucru mecanic). E. este o mărime scalară și, în funcție de mărimile de stare care o caracterizează, poate avea diferite forme: *e. mecanică, e. electrică, e. magnetică* etc. În cadrul unui sistem izolat (care nu interacționează cu exteriorul) **e.** totală rămîne constantă în procesele transformărilor de stare *(legea conservării* **e.**). Deoarece interacțiunile dintre sistemele localizate în spațiu nu se fac instantaneu, ci din aproape în aproape, prin intermediul cîmpului, și transferul de **e.** în spațiu se face cu viteză finită. *E. electrică (e. electrostatică)* este înmagazinată în cîmpul electric al sarcinilor electrice invariabile în timp, $E_e = \int_{\check{V}} \bar{E}\bar{D}\,dv/2$, unde $\bar{E}$ este intensitatea cîmpului electric, $\bar{D}$ — inducția electrică, dv — elementul de volum. Pentru un condensator de capacitate C, încărcat cu sarcina Q la tensiunea U, **e.** electrostatică este $E_e = QU/2 = CU^2/2$. *E. magnetică*, înmagazinată în cîmpul magnetic, este dată de expresia $E_m = \int_{\check{V}} \bar{H}\bar{B}\,dv/2$, în care $\bar{H}$ este intensitatea cîmpului magnetic, $\bar{B}$ — inducția magnetică, dv — elementul de volum. E. magnetică localizată în cîmpul magnetic al unei bobine de inductivitate L, parcursă de curentul I, care produce fluxul magnetic total Φ_t este $E_m = I\Phi/2 = LI^2/2$. *E. electromagnetică*, aferentă cîmpului electromagnetic se compune din **e.** electrică și **e.** magnetică. E. electromagnetică transmisă în spațiu în unitatea de timp pe unitatea de suprafață (densitatea fluxului de energie) este dată de → *vectorul lui Poynting* $\bar{S} = \bar{E} \times \bar{H}$. Fluxul de **e.** printr-o suprafață Σ, ce închide un volum dat V_Σ este egal cu puterea transmisă de cîmpul electromagnetic conductoarelor (disipată sub formă de căldură) plus puterea aferentă variației în timp a energiei electrice și magnetice din volumul considerat $\oint_\Sigma \bar{S}\bar{d}A = \int_{V_\Sigma} \bar{E}\bar{J}\,dv + \frac{d}{dt}(E_e + E_m)$ — *(teorema e. electromagnetice)*. Unitatea de **e.** în sistemul internațional este *joule*, J.

energie activă → **putere activă.**

energie electrică, forma electrică de manifestare a energiei (mai riguros, *energie electromagnetică)*. În comparație cu alți agenți energetici (cărbuni, petrol, gaze) **e.e.** are caracteristici superioare: transport ieftin, cu pierderi mici, la distanțe mari, posibilitatea distribuirii și dozării simple la locurile de utilizare și convertirea cu randamente ridicate în alte forme de energie. Principalul dezavantaj al **e.e.** este imposibilitatea stocării nemijlocite în cantități mari, deci necesitatea dimensionării centralelor pentru vîrful de sarcină. Deși la producerea **e.e.** se trece, în general, prin două trepte de conversie (energia chimică a combustibililor — energia mecanică — **e.e.**), iar randamentul, la centralele termoelectrice, nu depășește 40%, **e.e.** reprezintă 15...20% din consumul final de energie al unei țări; rata anuală de creștere a consumului este de cca 7%, ceea ce înseamnă că la fiecare 10 ani consumul de **e.e.** se dublează (unele abateri de la aceste cifre se datoresc gradului diferit de industrializare). Ponderea cea mai mare în *producerea* **e.e.** o au centralele termoelectrice (cca 75%). În prezent, există tendința utilizării unor noi surse primare de energie (energia valurilor și mareelor, energia geotermică, eoliană, solară etc.) și se cercetează noi metode de conversie, în scopul măririi randamentului (→ *convertoare*). *Transportul* **e.e.** se face cu linii aeriene sau cu cabluri de energie, în general, în sistemul trifazat. Liniile aeriene, deși mai ieftine decît cablurile (cu un ordin de mărime), sînt expuse influenței și solicitărilor suplimentare ale agenților atmosferici (vînt, chiciură, praf etc.). Tensiunea maximă a liniilor aeriene este de 750 kV, dar se fac încercări de a se depăși valoarea de 1000 kV. Pentru vehicularea puterilor mari la distanțe mari, se aplică transportul în curent continuu (la aceeași tensiune nominală a liniei, în curent alternativ efectul corona este produs de valoarea maximă a tensiunii, de $\sqrt{2}$ ori mai mare decît tensiunea nominală). Transportul în curent continuu necesită stații de mutatoare de înaltă tensiune la extremitățile liniei (curent continuu ⇄ curent trifazic). Extinderea transportului prin cabluri de înaltă tensiune reclamă noi tipuri constructive (de ex., cu izolație de hexafluorură de sulf sau criocabluri). *Distribuția* **e.e.** se face prin intermediul stațiilor de conexiuni, a posturilor de transformare, a tablourilor și rețelelor de distribuție, cu echipamentul electric aferent de comutație și de protecție. *Dozarea* **e.e.** se face, în general, la tensiune constantă, prin întreruperea circuitului; dozarea continuă, prin modificarea tensiunii, necesită echipament costisitor (autotransformatoare reglabile, grupuri motor-generator, mutatoare cu tiristoare). **E.e.** are *utilizări generale*, comune tuturor ramurilor industriale (de ex., iluminat electric, electrotermie, tracțiune electrică, acționări de instalații de ridicat, de pompe, ventilatoare, compresoare etc.) și *utilizări specifice* diferitelor industrii. În industriile minieră,

a materialelor de construcții ș.a., e.e. se consumă în cantități mari pentru transport (transportoare continui de diferite tipuri, excavatoare, instalații de extracție, locomotive electrice etc.), precum și la acționarea compresoarelor, morilor de minereu și a cuptoarelor rotative (de ex., pentru clincher). În industria metalurgică, e.e. se utilizează la acționarea laminoarelor, la cuptoare electrice de topire la instalații electrometalurgice etc. În energetică, există acționări electrice la morile de cărbuni și la presele de brichetare a termocentralelor, la stațiile de pompare pentru petrol și gaze etc. În transporturi, tracțiunea electrică feroviară și urbană este un mare consumator de e.e. În industria constructoare de mașini, e.e. se utilizează la acționarea mașinilor-unelte, la alimentarea cuptoarelor electrice de încălzire pentru tratamente termice și prelucrări la cald, la instalații de sudare electrică etc. În industria chimică se acționează electric pompe și compresoare de putere mare, se utilizează cuptoare electrice de încălzire și de uscare a produselor, se alimentează instalații de electroliză etc. În industria ușoară (textilă, hîrtie și celuloză etc.) există numeroase acționări electrice speciale, cu reglare automată a turației; instalații electrotermice de putere mare necesită industria sticlei, ceramicii și materialelor plastice. Utilizarea rațională a e.e. impune reducerea pierderilor în rețele și utilaje, aplatizarea curbei de sarcină, reducerea puterii reactive și deformante, respectiv compensarea energiei reactive în scopul îmbunătățirii factorului de putere.

energie electromagnetică → **energie.**

energie magnetică → **energie.**

energie reactivă → **putere reactivă.**

epidiascop, aparat de proiecție care permite proiectarea pe un ecran atît a materialelor transparente (diapozitive, diafilme), prin care lumina este *transmisă* (proiecție *dias*copică), cît și a materialelor opace (planșe, figuri și texte din cărți etc.), care *reflectă* lumina (proiecție *epi*scopică). E. mari, universale, au cele două sisteme de proiecție complet separate și folosesc ventilatoare pentru răcire.

eroare de defazaj → **transformator de măsură.**

eroare de măsurare, diferență dintre valoarea măsurată a unei mărimi și valoarea sa reală (care s-ar obține printr-o măsurare exactă). **E.de m.** *relativă* este raportul dintre eroarea definită ca mai sus *(e.de m. absolută)* și valoarea reală sau media aritmetică a valorilor obținute printr-un număr mare de măsurători. Se deosebesc **e.de m.** sistematice și întîmplătoare (aleatorii, accidentale). *E.de m. sistematice* se datoresc imperfecțiunii instrumentului de măsurat, metodei, condițiilor de instalare, influenței mediului ambiant (temperatură, presiune, umiditate), sau particularităților senzoriale ale observatorului. *E.de m. întîmplătoare* capătă valori și sensuri diferite la un șir de măsurători efectuate în aceleași condiții și sînt cauzate de fluctuațiile neprevăzute ale indicației instrumentului, ale influenței mediului sau ale atenției observatorului. **E.de m.** întîmplătoare se distribuie după *curba erorilor* (curba lui Gauss); erori mari apar mai rar decît erori mici. *E.de m. medie patratică* (abaterea standard față de valoarea medie) se definește prin relația $\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - X)^2}$, în care n este numărul valorilor individuale măsurate x_i; X — valoarea medie aritmetică.

etalon, instrument de măsurat destinat verificării și etalonării altor instrumente, ale căror erori de măsurare

sînt mai mari decît ale sale (clasa de precizie inferioară). Sin. *instrument etalon.*

etalonare *(verificare, reetalonare)*, operație de metrologie prin care se compară, în anumite condiții impuse, indicațiile unui instrument de măsurat cu cele ale unui instrument etalon, respectiv determinarea relației care există între indicațiile unui aparat și valorile reale (sau măsurate cu precizie) ale mărimii de măsurat (gradare a scării). Operația de **e.** se atestează printr-o ștampilă (marcă de **e.**) aplicată pe aparatul verificat.

eteropolar, heteropolar.

excitatoare, mașină electrică care are rolul de a realiza excitația altor mașini. În general, **e.** este un generator de curent continuu. În prezent, există tendința înlocuirii **e.** cu sisteme de → *excitație statică*. Sin. *excitatrice.*

excitatrice, excitatoare.

excitație (la o mașină electrică), realizare a cîmpului magnetic inductor necesar funcționării acesteia. Înfășurarea cu care se produce fluxul magnetic se numește *înfășurare de* **e.** La unele mașini, **e.** se realizează cu ajutorul magneților permanenți. Se deosebesc: **e.** separată (independentă) și → *autoexcitație* (derivație, serie și mixtă). *E. separată* folosește o înfășurare de **e.** alimentată de la o sursă a cărei tensiune este independentă de mașina considerată. Se aplică la mașini sincrone și la mașini de curent continuu, în special la cele prevăzute cu reglare automată a tensiunii și a turației, datorită posibilității de reglare în limite largi. *E. derivație* utilizează o înfășurare de **e.** alimentată de la bornele mașinii excitate, deci conectată în paralel cu indusul. Înfășurarea de *e. serie* este conectată în serie cu indusul și este parcursă de curentul de sarcină sau de un curent proporțional cu acesta. Se întîlnește la motoarele de curent continuu de tracțiune, la motoarele de curent alternativ cu colector (monofazate și trifazate) cu **e.** în serie. Motoarele cu **e.** serie au cuplu mare de pornire și o caracteristică mecanică moale, care face ca puterea absorbită să fie practic constantă, independentă de cuplul rezistent la arbore (aceste motoare se pretează la acționările cu șocuri de sarcină). *E. mixtă* (compound) se realizează cu două înfășurări de **e.**, una derivație (de regulă, cu ponderea cea mai mare în producerea fluxului) și una serie. La generatoarele de curent continuu, **e.** mixtă asigură o variație minimă a tensiunii la borne cu sarcina: cu creșterea curentului de sarcină crește fluxul dat de înfășurarea de **e.** serie, compensîndu-se efectul demagnetizant al reacției indusului. În fig. 119 sînt prezentate schemele de **e.** ale generatoarelor de curent continuu.

excitație statică, sistem de excitație realizat cu dispozitive statice, dintre care cele mai utilizate sînt cele cu semiconductoare de putere (diode și tiristoare). **E.s.** se aplică la generatoare sincrone de mare putere datorită costului ridicat și constantei mari de timp a generatoarelor de excitație de curent continuu de turație mică (cazul hidrogeneratoarelor) și dificultăților constructive care apar

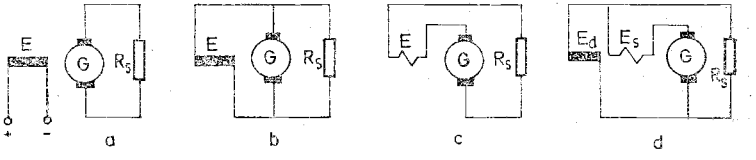


Fig. 119

la turbogeneratoarele de peste 100 MW (cuplarea excitatricei pe arborele generatorului nu este rezonabilă sub aspect tehnic). E.s. a motoarelor sincrone cu pornire în asincron necesită dispozitive de protecție a ventilelor semiconductoare la supratensiunile ce apar la pornire, care pot avea valori de zeci de kV. E.s. poate fi cu redresor rotitor alimentat de un generator de excitație, de regulă asincron (motoare sincrone fără perii, apreciate datorită gradelor superioare de protecție, de ex., IP 55 sau construcției antiexplozive obținute prin capsularea redresorului), sau cu redresor imobil, cu tiristoare, cu alimentarea înfășurării de excitație prin perii și inele. E.s. la motoarele sincrone cu șocuri de sarcină mărește stabilitatea prin reglarea automată rapidă a curentului de excitație cu legătură inversă în puterea activă și coeficienți de forțare a excitației de 2...2,5 (față de 1,2...1,3 la sistemele de excitație convenționale). Redresorul de e.s. este monofazat, la puteri medii, și trifazat, la puteri mari, în punte semicomandată. Se prevăd tiristoare în toate brațele punții numai dacă este necesară o → *dezexcitare rapidă*. Anumite scheme de e.s. renunță la transformator, deoarece tensiunile de 23...144 V necesare excitației motoarelor de 200...2 500 kW pot fi obținute de la rețeaua de 380 V cu întîrzieri la comanda tiristoarelor de 150...43°, curentul de excitație fiind bine netezit de inductivitatea mare a inductorului; în schimb, legătura galvanică dintre înfășurarea de excitație și rețeaua serviciilor auxiliare, care alimentează redresorul, poate produce deranjamente în cazul punerii la corp a inductorului. Conectarea și deconectarea rezistenței de descărcare se poate realiza prin *comutație statică* (cu contactoare cu tiristoare comandate de diode Zener).

excitron, redresor monoanodic cu vapori de mercur la care arcul se menține, în intervalele de polarizare inversă, cu ajutorul unui anod auxiliar, numit *anod de excitație*, conectat la o sursă auxiliară de curent continuu de putere mică. Amorsarea arcului se face prin proiectarea unei vîne de mercur pe anodul de excitație, de către un piston situat la partea inferioară a catodului și acționat de un solenoid. E. se utilizează la redresarea curentului alternativ (de ex., în substațiile de tracțiune în curent continuu). Tensiunea redresată poate fi modificată prin comanda pe grila e. În prezent, există tendința înlocuirii e. cu tiristoare.

exp, operator pentru funcția exponențială cu baza e; $\exp(a) = e^a$.

expansină, mediu de stingere a arcului electric, format dintr-un amestec incombustibil de apă distilată și glicol $[C_2H_4(OH)_2]$. Se utilizează în locul uleiului mineral (combustibil) la întreruptoarele de înaltă tensiune.

explozor, dispozitiv care furnizează curentul electric de aprindere a capselor electrice (electrocapselor) la operațiile de pușcare din exploatările miniere. *E. dinamoelectric* este un generator de curent continuu cu excitație mixtă, acționat manual (cu manivelă sau cu tijă cremalieră, prin apăsare bruscă) sau prin destinderea unui arc de oțel. Înt în construcție antigrizutoasă și pot debita curenți de 1...2 A la 150...300 V. E. moderne înmagazinează energia dată de o baterie de elemente galvanice într-un condensator, avînd scheme electronice cu tranzistoare și tiristoare.

expunere luminoasă, cantitate de iluminare

F

f (femto) → unități de măsură

f, simbol pentru → **frecvență**.

F, constanta lui Faraday (→ *constantă*, → *legea electrolizei*).

F → farad.

F, simbol pentru forță.

factor de bobinaj, factor de înfășurare.

factor de calitate, la o bobină, raportul dintre reactanța inductivă și rezistența înfășurării, $Q = \omega L/R$. **F. de c.** nu este direct proporțional cu frecvența, deoarece rezistența nu este constantă, ci crește o dată cu creșterea frecvenței din cauza efectului pelicular.

factor de capacitate, coeficient de influență electrică.

factor de cerere, coeficient de cerere.

factor de cuplaj, coeficient de cuplaj.

factor de durată, coeficient de durată.

factor deformant → factor de putere.

factor de formă, raport dintre valoarea efectivă și valoarea medie a unei funcții periodice. **F. de f.** al unui curent alternativ sinusoidal este $k_f = I/I_{med} = (i_m/\sqrt{2})/(2i_m/\pi) = 1{,}11$, unde i_m este amplitudinea.

factor de inducție, coeficient de influență electrică.

factor de înfășurare, factor subunitar care intervine la calculul tensiunii electromotoare induse în înfășurările de curent alternativ și la calculul solenației date de aceste înfășurări, egal cu produsul factorilor de scurtare, de repartizare și de înclinare, $k = k_y k_q k_c$. *Factorul de scurtare* intervine la bobinele cu pas scurtat, cu pasul y mai mic decît pasul polar τ, $k_y = \sin(\pi y/(2\tau))$. *Factorul de repartizare (de zonă)* a unei înfășurări formate din q bobine, amplasate în q crestături este $k_q = \dfrac{\sin(\alpha/2)}{q\sin(\alpha/2)}$. *Factorul de înclinare* a unei bobine înclinate cu distanța c față de generatoare este $k_c = \dfrac{\sin(c\pi/(2\tau))}{c\pi/(2\tau)}$. Tensiunea indusă într-o înfășurare de fluxul util Φ este $U_e = 4{,}44\, kfN\Phi = kqU_{eb}$, unde f este frecvența tensiunii induse, U_{eb} — tensiunea ce s-ar induce într-o bobină concentrată, cu N spire, cu pas diametral ($y = \tau$), amplasată în crestături neînclinate. Sin. *factor de bobinaj*.

factor de pierderi (tg δ), la un dielectric, tangenta unghiului de pierderi (→ *condensator*). Prin măsurarea **f. de p.** se poate aprecia gradul de îmbătrînire a izolației transformatoarelor, mașinilor electrice și cablurilor de energie, deoarece la o izolație suprasolicitată termic se constată o creștere a **f. de p.** la creșterea intensității cîmpului electric. Măsurarea **f. de p.** se face cu punți de capacitate (de ex., *punțea Schering*). Valorile **f. de p.** (tg δ) respectiv ale *cifrei de pierderi* ($\varepsilon_r$tg δ), pentru unele materiale izolante uzuale, la 20°C : ulei de trans-

formator — 0,005; 0,011; hîrtie bachelizată — 0,04; 0,16; micanită — 0,02...0,05; 0,1...0,3; porțelan — 0,017...0,025; 0,085...0,12; mică — 0,0002; 0,001...0,0012. Cu ajutorul cifrei de pierderi se calculează puterea specifică la încălzirea prin pierderi dielectrice.

factor de putere, raport dintre puterea activă și puterea aparentă a unui circuit de curent alternativ. În regim sinusoidal, **f.de p.** al circuitelor monofazate sau trifazate încărcate *simetric*, este egal cu cosinusul unghiului de defazaj dintre tensiune și curent, $\cos\varphi$. În regim deformant (nesinusoidal), puterea aparentă $S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}$, P fiind puterea activă; Q — puterea reactivă, D — puterea deformantă, iar factorul de putere $K = P/S$. Notînd cu τ *factorul deformant*, $\tau = D/\sqrt{P^2 + Q^2} = \operatorname{tg}\varphi_d$ și cu ρ *factorul reactiv*, $\rho = Q/P = \operatorname{tg}\varphi_r$, **f.de p.** în regim deformant se poate scrie $K = \cos\varphi_r \cos\varphi_d$ (unghiurile φ_r și φ_d sînt fictive). În regim sinusoidal **f.de p.** mediu pe o anumită perioadă de timp t se poate determina măsurînd energiile activă $E_a = U(I\cos\varphi)_{med}\, t$ și reactivă $E_r = U(I\sin\varphi)_{med}\, t$ consumate în intervalul de timp considerat; $\cos\varphi_{med} = 1/\sqrt{1+(E_r/E_a)^2}$. În regim deformant **f.de p.** determinat, ca mai sus, are o valoare mai mare decît valoarea reală deoarece, pe de o parte, măsurătorile de energie reactivă sînt afectate de erori prin lipsă, iar, pe de altă parte, energia deformantă nu este luată în considerare. Scăderea **f.de p.** la consumator are ca efecte: creșterea pierderilor de energie pe liniile de transport, datorită componentei reactive a curentului; creșterea pierderilor de tensiune pe linii ($\Delta U = RP/U + XQ/U$, unde R și X sînt rezistența și reactanța inductivă pe fază a liniei, P și Q — puterile, activă și reactivă, vehiculate pe linie); reducerea capacității de producere, transport și utilizare a energiei electrice, datorită creșterii curentului, deci a încălzirii echipamentelor, la aceeași putere activă consumată; reducerea preciziei instrumentelor de măsură și perturbarea instalațiilor de telecomunicații în regim deformant. **F.de p.** poate fi îmbunătățit prin reducerea puterii reactive și deformante a receptoarelor (de ex., reducerea tensiunii de alimentare a motoarelor asincrone insuficient încărcate, eventual prin trecerea de la conexiunea triunghi la stea; utilizarea unor scheme de redresare cu număr mare de faze sau în punte semicomandată) sau prin compensarea puterii reactive și filtrarea armonicilor superioare cu instalații speciale (compensatoare sincrone, baterii de condensatoare, bobine de filtrare etc.). Stimularea utilizării energiei electrice la un factor de putere cît mai bun se face prin aplicarea de penalizări la facturarea energiei dacă valoarea **f.de p.** este mai mică decît cea impusă (0,96). Valoarea la care se ameliorează **f.de p.** la consumator, prin baterii de condensatoare, se determină printr-un calcul tehnico-economic, astfel încît cheltuielile totale să fie minime. *Compensarea puterii reactive* se poate face *individual*, *grupat* sau *centralizat* (fig. 120). La *compensarea individuală* condensatoarele se conectează la bornele receptorului compensat (de ex., motoare asincrone mari, cuptoare de inducție, corpuri de iluminat fluorescent), adesea fără aparate separate de comutație și protecție. Gradul de utilizare a condensatoarelor depinde de timpul de funcționare a receptorului. La *compensarea de grup* o baterie de condensatoare, conectată la un tablou de distribuție, compensează puterea reactivă a unui grup de receptoare. *Compensarea centralizată* se face la posturile de transformare și este caracterizată de o utilizare rațională a condensatoarelor, care se dimensionează la puterea cerută, dar nu se evită circulația puterii reactive pe rețele. Instalațiile moderne de condensatoare sînt prevăzute cu sisteme de reglare automată a **f.de p.**, care asigură valoarea impusă în condițiile variației puterii reactive a receptoarelor.

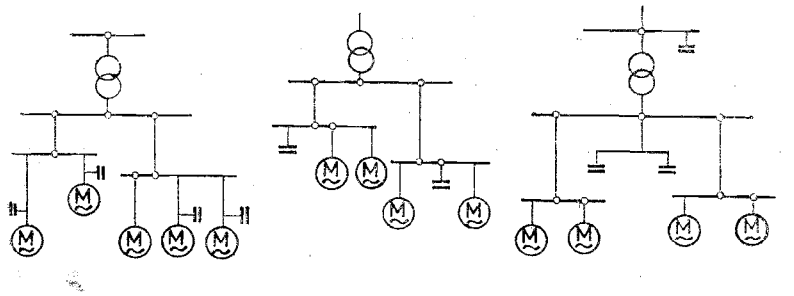


Fig. 120

factor de repartizare → **factor de înfășurare.**

factor de scurtare → **factor de înfășurare.**

factor de utilizare a fluxului luminos, raport dintre fluxul luminos incident pe suprafața de iluminare Φ_u și **fluxul luminos total emis** de sursele de lumină Φ_t, $u = \Phi_u/\Phi_t$. Se folosește la dimensionarea sistemelor de iluminare a spațiilor închise, fiind dat în tabele, pentru diferite tipuri de corpuri de iluminat, în funcție de factorii de reflexie ai tavanului și pereților și de forma încăperii (indicele de încăpere).

farad (F), unitate de măsură a capacității electrice, egală cu capacitatea unui condensator care se încarcă cu o sarcină de 1 C dacă la borne se aplică o tensiune de 1 V. În practică, se utilizează submultiplii săi: *microfaradul* (1 μF = 10^{-6}F); *nanofaradul* (1 nF = 10^{-9}F); *picofaradul* (1 pF = 10^{-12}F).

Faraday, Michael (1791—1867), fizician și chimist englez. Cercetări și descoperiri, de o deosebită importanță pentru cunoașterea electromagnetismului și dezvoltarea aplicațiilor acestuia. Primele cercetări, în domeniul chimiei, îl duc la descoperirea benzenului în gudronul din huilă; cu ajutorul unui aparat construit de el, prin compresie și răcire, reușește să lichefieze aproape toate gazele cunoscute în acea epocă. În 1821, **F.** își propune să producă curent electric cu ajutorul magnetismului, lucru pe care l-a realizat abia peste 10 ani. Experiențele sale de electromagnetism completează cercetările lui A. M. Ampère referitoare la forțele electromagnetice, reușind să producă rotirea unui circuit parcurs de curent aflat într-un cîmp magnetic, care constituie principiul motorului electric cu magneți permanenți. În 1831 descoperă → *inducția electromagnetică*, pe baza căreia se realizează conversia electromecanică a energiei. Cazul particular al acestui fenomen, → *autoinducția*, a fost observat, în mod independent, în 1832, și de americanul J. Henry. F. a arătat identitatea electricității obținute prin diferite procedee (prin inducție, prin frecare, pe cale chimică, termoelectricitatea, cunoscută din 1821 grație lui T. J. Seebeck, sau electricitatea observată la unele specii de pești). A propus reprezentarea cîmpului prin „linii de forță" (linii de cîmp) și a arătat că acțiunile electrice și magnetice se transmit *din aproape în aproape*, cu viteză finită, combătînd astfel concepția mecanicistă, idealistă, înbră-

ţişată de numeroşi fizicieni (printre care Ch. A. Coulomb, A. M. Ampère, K. F. Gauss, W. Weber ş.a.), conform căreia aceste acţiuni se transmit la distanţă instantaneu, cu viteză infinită, independent de mediu, după modelul mecanic al forţelor de gravitaţie. Noţiunile de *cîmp electric* şi *cîmp magnetic* pe care le-a introdus, ca forme de existenţă a materiei, dezvoltate de J. C. Maxwell sub formă matematică (→*ecuaţiile lui Maxwell*), stau la baza interpretării materialiste a fenomenelor electromagnetismului. În 1833, a enunţat *legea electrolizei*, care stă la baza electrochimiei, introducînd termenii de ion, catod, anod, anion, cation, echivalent electrochimic. A studiat proprietăţile magnetice ale substanţelor, introducînd termenii *diamagnetism* şi *paramagnetism*. În 1843, enunţă *legea conservării sarcinii electrice* şi elaborează teoria electrizării prin influenţă şi principiul ecranului electrostatic (→ *cuşca lui F.*) iar în 1846 arată că energia electrostatică este localizată în dielectrici. Ultimele descoperiri se referă la acţiunea cîmpului magnetic asupra luminii polarizate (efectul de polarizare rotatorie a luminii în cîmp magnetic). Numele său a fost atribuit unităţii de capacitate şi numărului care exprimă cantitatea de electricitate necesară depunerii prin electroliză a unui atomgram dintr-un element (→ *constanta lui* F.).

faradmetru, instrument de măsurare directă a capacităţii electrice, în limite restrînse de măsurare (domenii de 1...2 μF sau 5...10 μF), în special la fabricaţia de serie (clasa de precizie 1). Cele mai utilizate f. sînt → *logometre* electrodinamice, cu două bobine mobile, una în serie cu condensatorul de măsurat, ecalaltă în serie cu un condensator etalon. Bobinele se alimentează în curent alternativ, iar unghiul de deviaţie a echipajului mobil depinde numai de valoarea capacităţii necunoscute.

fascicul de electroni → **cuptor electric**, → **sudare electrică**.

fază 1. Argument al unei mărimi cu variaţie sinusoidală în timp. *F. iniţială* este valoarea acestui argument la $t = 0$. Diferenţa algebrică a f. a două mărimi sinusoidale de aceeaşi frecvenţă este → *defazajul* dintre cele două mărimi. Sin. *unghi de fază*. **2.** Denumire improprie pentru *conductorul de fază*, conductorul principal al unui sistem trifazat (polifazat), prin care circulă curent defazat cu un anumit unghi faţă de curenţii celorlalte conductoare de f. Conductorul conectat la punctul neutru al sursei se numeşte conductor *neutru* (dacă este legat la pămînt — *conductor de nul*).

fazmetru, cosfimetru.

fazor → **diagramă fazorială**.

feeder, fider.

fenomen (regim), mulţimea ordonată a stărilor pe care le are un sistem fizic (tehnic) în momentele succesive ale unui interval de timp. *F. static* — mărimile de stare nu variază în timp şi nu se produc transformări de energie (de ex., *f. electrostatic*). *F. staţionar* — mărimile de stare nu variază, dar energia se poate transforma dintr-o formă în alta (de ex., în *regimul electrocinetic* curentul nu variază în timp, dar energia electrică se transformă în căldură în conductoare). *F. cuasistaţionar* — numai unele din mărimi variază în mod sensibil. De ex., *regimul magnetic cuasistaţionar* — regim în care mărimile de stare ale cîmpului electromagnetic variază în timp suficient de lent pentru a se putea neglija → *curentul de deplasare* la producerea cîmpului magnetic peste tot în afara dielectricului condensatoarelor (aceste variaţii se pot produce, totuşi, cu cele mai mari frecvenţe întîlnite în practică, încît curentul de deplasare în conductoare să fie negijabil, faţă de curentul de conducţie). *F. nestaţionar* — valorile

mărimilor de stare diferă sensibil de valorile pe care le-ar avea în stările corespunzătoare f. staţionar (de ex., regimul electromagnetic variabil de propagare a undelor electromagnetice). *F. permanent (f. stabilizat)* — mărimile de stare nu variază în timp (deci include şi f. staţionar) sau variază *periodic* (de ex., regimul permanent al unei reţele de curent alternativ, stabilit după un timp suficient de lung de la punerea sub tensiune). *F. tranzitoriu* — trecerea de la un regim în care f. sînt permanente la alt regim permanent (de ex., pornirea, frînarea şi modificarea turaţiei motoarelor electrice; conectarea şi deconectarea circuitelor electrice).

fereastră, spaţiu dintre elementele unui circuit magnetic (miez, coloane, juguri) ocupat de înfăşurări.

ferimagnetism, proprietăţi feromagnetice ale → *feritelor*, care le deosebesc de corpurile antiferomagnetice prin aceea că momentele magnetice antiparalele produse în reţelele cristaline nu se compensează decît parţial (→ *magnetism*).

ferită, material magnetic pe bază de oxid de fier, care, în funcţie de compoziţia chimică şi de procesul tehnologic de elaborare, poate avea permeabilitate magnetică mare (folosit ca material magnetic moale), sau un cîmp coercitiv ridicat (material magnetic dur pentru magneţi permanenţi). În compoziţia f. pot intra metale divalente ca : Ni, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Mg. La prepararea f. se folosesc oxizi ai acestor metale, într-o proporţie strict determinată, care se macină şi se sinterizează la 1000°C, după care urmează o nouă măcinare, presare şi sinterizare la 1100...1350°C. Datorită rezistivităţii ridicate (de ordinul 10^6 Ωcm) circuitele magnetice confecţionate din f. nu au, practic, pierderi prin curenţi turbionari, deci pot funcţiona la frecvenţe ridicate (audio şi radiofrecvenţe). Permeabilitatea magnetică a f. se menţine constantă pînă la frecvenţe de sute de MHz, dar în cîmpuri magnetice alternative slabe este mult influenţată de suprapunerea unui cîmp magnetic continuu, chiar de intensitate mică, scăzînd de sute de ori. Rezistenţa la rupere a f. este de 180 daN/cm²; masa specifică 3,7...5,3 g/cm³. F. se utilizează la confecţionarea miezurilor de dimensiuni mici ale transformatoarelor (de ex., la transformatoarele de linie ale televizoarelor), la bobine de reactanţă, filtre, transformatoare de impulsuri, micromotoare), precum şi în radiotehnică şi electroacustică (de ex., capete de înregistrare şi redare la magnetofoane).

fernico, aliaj de fier cu nichel, cobalt, mangan, cu coeficient de dilatare egal cu cel al sticlei. Se foloseşte la confecţionarea electrozilor de trecere etanşă prin piese de sticlă (de ex., sîrma de susţinere a filamentelor lămpilor cu incandescenţă).

feroelectricitate, proprietate a anumitor corpuri dielectrice solide (de ex., sarea Seignette) de a avea o polarizaţie diferită de zero, chiar în absenţa unui cîmp electric exterior, o permitivitate dependentă de intensitatea cîmpului electric şi dependenţa inducţiei electrice de intensitatea cîmpului electric $D = f(E)$ de forma unui ciclu de histerezis (la fel ca la materialele feromagnetice). F. poate fi aplicată la unele dispozitive de memorare.

feromagnetism, proprietate a unor metale (fier, cobalt, nichel) şi aliaje de a avea o permeabilitate magnetică mult mai mare decît a celorlalte corpuri paramagnetice (→ *magnetism*), dependentă de intensitatea cîmpului magnetic. Corpurile feromagnetice au magnetizaţie permanentă şi prezintă fenomenul de histerezis. F. dispare la temperaturi mai mari decît *punctul Curie* (la oţel 740...760°C). F. se explică cu *teoria domeniilor* (P. Weiss, 1907),

care admite că magnetizaţia acestor corpuri este dată de orientarea spinilor electronilor. În cristalele corpurilor feromagnetice, aşa-numitele forţe de schimb, de natură electrică, tind să orienteze axele spinilor în poziţii paralele. Apar regiuni distincte (domenii), de ordinul zecimilor de mm, cu momente magnetice orientate în aceeaşi direcţie, deci cu magnetizaţie permanentă. Dacă cîmpul magnetic exterior este nul, momentele magnetice ale diferitelor domenii, orientate haotic, se compensează reciproc. În prezenţa unui cîmp magnetic exterior, chiar foarte slab, momentele magnetice ale unor domenii se orientează în acelaşi sens, deci corpul se magnetizează. Cînd toate momentele magnetice ale domeniilor s-au orientat, se ajunge la saturaţie. În funcţie de valoarea cîmpului coercitiv H_c (→ *histerezis*), materialele feromagnetice se împart în **dure** ($H_c > 50$ A/cm) şi **moi** ($H_c < 5$ A/cm). Materialele magnetic dure se folosesc la confecţionarea magneţilor permanenţi.

ferorezonanţă, fenomen de apariţie a supratensiunilor şi supracurenţilor, cu variaţii în salturi, în circuitele ce conţin capacităţi (de ex., linii şi cabluri lungi) şi inductivităţi neliniare (de ex., bobine cu miez de fier şi transformatoare, saturate). *F. de tensiune*, la circuite serie (fig. 121), produce salturi de curent, iar *f. de curent*, la circuite derivaţie (fig. 122), produce salturi de tensiune. F. se studiază prin metode grafice, reprezentînd în planul $U - I$ caracteristica neliniară a inductivităţii $U_L = f(I_L)$ şi dreapta

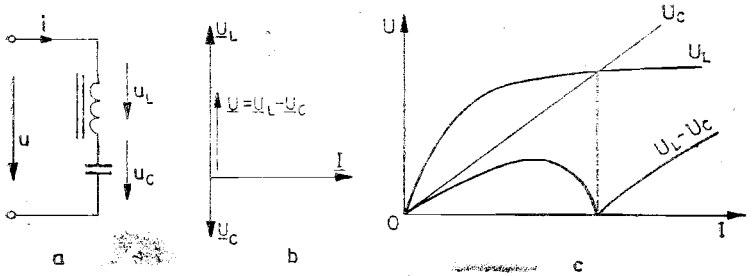


Fig. 121

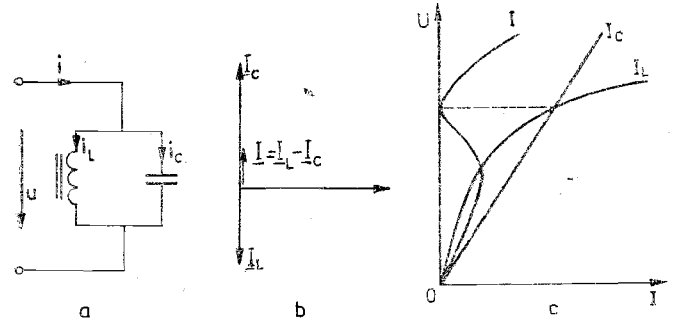


Fig. 122

capacităţii $U_C = f(I_C)$. La f. de tensiune ($I_C = I_L = I$) se construieşte curba $|U_L - U_C| = f(I)$, fig. 121, c; la f. de curent ($U_C = U_L = U$) se trasează caracteristica $|I_C - I_L| = f(U)$, fig. 122, c. În calcule s-au neglijat armonicile superioare, pierderile în fierul bobinei şi rezistenţa înfăşurării. Caracteristicile reale sînt arătate în fig. 123. La variaţia tensiunii de alimentare, curentul din circuitul serie variază după cum indică săgeţile, porţiunile nestabile ale caracteristicii fiind evitate; la circuitul derivaţie, variaţia curentului ce intră în circuit produce, de asemenea, salturi ale tensiunii la borne (fig. 123, b). În reţelele electrice f. este dăunătoare; ea se aplică la → *stabilizatoare de tensiune ferorezonante.*

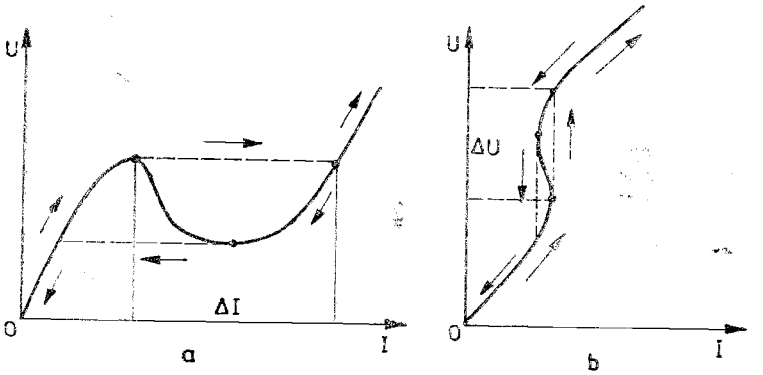


Fig. 123

Ferraris, Galileo (1847—1897), fizician şi inginer italian, profesor universitar la Torino, fondatorul Şcolii superioare de electrotehnică din Italia. În 1882, independent de N. Tesla, descoperă cîmpul magnetic învîrtitor produs de o înfăşurare bifazată, iar în 1885 construieşte un model de laborator al unui motor de inducţie (asincron) bifazat. Motorul de inducţie bifazat cu rotorul în formă de pahar (cilindru feromagnetic gol), utilizat în automatizări ca servomotor sau tahogenerator se mai numeşte *motor* F. Cercetările lui F. au servit (1889) lui D. Dobrovolski la construirea primului motor asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit (cu colivie).

fiabilitate, totalitatea calităţilor echipamentelor electrice care determină capacitatea acestora de a funcţiona fără defecţiuni într-un interval de timp, în condiţii date. F. caracterizează siguranţa în funcţionare a echipamentelor în conformitate cu condiţiile tehnice de exploatare.

fibră vulcan, material electroizolant obţinut prin tratarea hîrtiei cu clorură de zinc la 40...60°C (pergamentare) şi presarea între valţuri de cupru. Se fabrică în foi de 0,1...0,5 mm *(carton leleroid)*, în plăci de 0,5... ...60 mm grosime, în tuburi şi bare. Sub acţiunea arcului electric f. degajă gaze, motiv pentru care se foloseşte la → *descărcătoare.* Datorită higroscopicităţii ridicate, f. se utilizează tot mai puţin ca izolant. Prin impregnarea cu răşini sintetice, f. devine rezistentă la acţiunea umezelii.

fider, linie de alimentare cu energie electrică, aeriană sau în cablu, care face legătura între barele staţiei de transformare sau de conexiuni şi un consumator (de ex., **f.** de alimentare a căii ferate electrificate reprezintă linia care leagă firul de contact de barele substaţiei de tracţiune). Protecţia **f.** la scurtcircuit se face cu relee maximale de curent şi cu relee de impedanţă (protecţie de distanţă). La **f.** care lucrează cite două în paralel se aplică protecţia diferenţială transversală (*→ protecţie prin relee*). Sin. *feeder*.

fier (Fe), element chimic metalic cu proprietăţi feromagnetice, utilizat în electrotehnică, în aliaj cu carbonul (pînă la 1,7 % C) sau cu alte elemente, ca material conductor, material magnetic sau material de mare rezistivitate (**f.** pur, la 20°C are $\rho = 8{,}6 \cdot 10^{-6}$ Ωcm). Date fizico-chimice: numărul atomic 26; masa atomică 55,85; temperatura de topire 1539°C; temperatura de fierbere 2730°C; masa specifică 7,86 g/cm³; potenţialul electrochimic faţă de hidrogen 0,44 V; coeficientul de variaţie a rezistivităţii cu temperatura $0{,}00657°C^{-1}$. **F.** pur se utilizează la fabricarea anozilor redresoarelor cu vapori de mercur sau ca electrozi la tuburile electronice şi ionice.

fier moale, oţel cu conţinut redus de carbon (0,1...0,4 % C), cu cîmp coercitiv şi remanenţă magnetică de valori reduse, utilizat la miezurile magnetice ale electromagneţilor de curent continuu.

filament, fir metalic conductor parcurs de curent, încălzit pînă la incandescenţă, folosit la lămpile cu incandescenţă şi la tuburile de descărcări în gaze (de ex., lămpi fluorescente cu catozi calzi) sau în vid (tuburi electronice). Pentru intensificarea emisiei electronice, **f.** pentru tuburi se acoperă cu oxizi ai metalelor alcalino-pămîntoase. Cel mai utilizat material pentru **f.** este wolframul, metalul cu cea mai ridicată temperatură de topire dintre metalele care se pot trage în fire subţiri (3370°C).

filet Edison, filet rotund utilizat la lămpile cu incandescenţă sau la siguranţele fuzibile. **F.E.** are rază mare de rotunjire a vîrfului şi toleranţe mari, ceea ce facilitează înşurubarea în soclu. Se deosebesc: *f. Goliat* (diametre nominale de 40 şi 33 mm); *f. normal* ($d = 27$ mm); *f. mignon* ($d = 14$ mm) şi *f. pitic* (liliput, $d = 10$ mm).

filtru, cuadripol format din bobine, condensatoare sau rezistoare, utilizat la separarea unor tensiuni sau curenţi în circuitele informaţionale, la micşorarea componentei alternative a curentului redresat sau la reducerea regimului deformant în reţelele electrice. *F. trece-jos* (fig. 124, *a*) permite trecerea curentului continuu (frecvenţă zero) şi a frecvenţelor joase, sub o limită superioară şi atenuează puternic frecvenţele înalte. *F. trece-sus* (fig. 124, *b*) are banda de trecere deasupra unei anumite frecvenţe, iar banda de atenuare sub ea. *F. trece-bandă* transmite semnalele cu frecvenţe cuprinse între o valoare limită inferioară şi una superioară şi elimină frecvenţele de deasupra şi dedesubtul acestei benzi (fig. 124, *c*). *F. opreşte-bandă* (fig. 124, *d*) este format ca şi f. trece-bandă din circuite rezonante serie şi paralel, dar poziţia acestora este inversată, deci este eliminată banda cuprinsă între două frecvenţe limită. *F. de netezire*, utilizate la redresoarele de putere, sînt formate, de regulă, din bobine de reactanţă cu miez de fier (*→ bobină de netezire*). *F. absorbante* realizate cu condensatoare înseriate cu bobine de reactanţă în aer, se conectează (fig. 125) la barele de medie tensiune ale consumatorilor cu receptoare puternic deformante (de ex., cuptoare cu arc, convertoare cu tiristoare), cu scopul de a crea circuite de rezonanţă serie pe anumite frecvenţe ale armonicilor şi de a absorbi în acest fel curenţii armonici.

filtru electrostatic, electrofiltru.

fir de cale, fir de contact.

fir de contact, conductă de alimentare cu energie electrică, printr-un contact

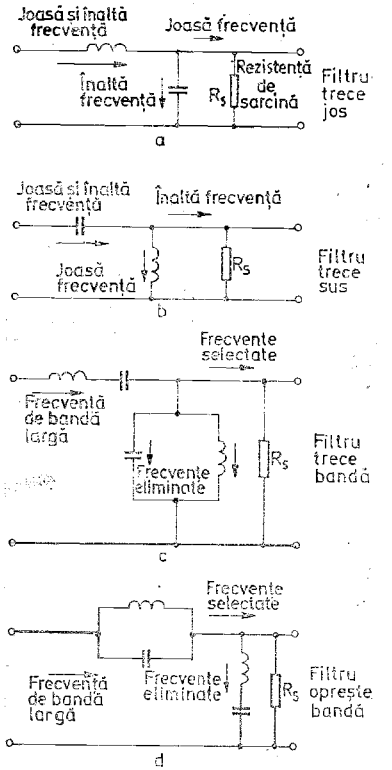


Fig. 124

glisant (*→ captator*), a unor vehicule acţionate electric (locomotive electrice, tramvaie, troleibuze) sau a unor instalaţii de ridicat şi transportat (poduri rulante). La viteze mici şi la secţiuni mici, **f.de c.** are *suspensie simplă* (de ex., la tramvaie, troleibuze, locomotive de mină sau de transport uzinal etc.); la puteri şi viteze mari, **f.de c.** este suspendat

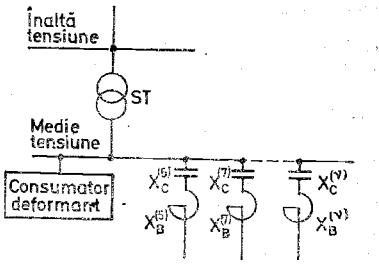


Fig. 125

de un *→ cablu purtător*, prin intermediul unor *→ pendule*, formîndu-se o *→ suspensie catenară*. Variaţiile de lungime ale **f.de c.**, cauzate de dilataţie, se compensează cu ajutorul unor contragreutăţi (*suspensie compensată*). Suspensia catenară a **f.de c.** asigură o înălţime practic constantă, fără săgeată, ceea ce permite captarea curentului, fără scîntei, la viteze mari. **F.de c.** este un fir de cupru tare (rezistenţa specifică la rupere 32...40 daN/mm²), cu secţiunea profilată, cu două şanţuri longitudinale, care permit suspendarea sa cu ajutorul unor *→ cleme* cu fălci. Sin. *fir de cale*.

fir de gardă, conductor neizolat legat la pămînt şi amplasat deasupra liniilor aeriene de înaltă tensiune, pe vîrful stîlpilor, cu scopul protejării liniei de loviturile directe de trăsnet şi de supratensiunile de origine atmosferică. **F.de g.** contribuie la micşorarea rezistenţei prizei de pămînt a staţiei de transformare, prin legarea sa la armătura metalică a fundaţiei stîlpilor. La liniile cu mai multe sisteme trifazate se amplasează două sau mai multe **f.de g.** **F.de g.**, de oţel sau oţel-aluminiu, poate servi şi la transmiterea informaţiei.

fir pilot, conductor al unui cablu de energie folosit la transmiterea informaţiei la distanţă (telecomandă, telemăsură, telecontrol etc.).

firidă, cofret.

fişă, parte a unui dispozitiv de conectare, formată dintr-un corp izolant, care conţine una sau mai multe tije conductoare (ştifturi), a căror formă corespunde bucşei din → *priză* în care se introduc pentru realizarea contactului electric. În stare deconectată f. nu trebuie să se afle sub tensiune. F. pot fi *monopolare* (→ *banană*), *bipolare* şi *tripolare*, cu sau fără contact de protecţie (care conectează carcasa receptoarelor la conductorul de nul de protecţie). *F. multipolare* se numesc → *conectoare*. Caracteristicile f. sînt tensiunea şi curentul nominal (de ex., 6,10 A, 250 V; 10, 25, 63 A, 500 V). F. trebuie astfel construite încît să nu poată fi introduse decît în prizele pentru care sînt destinate.

fluorescenţă, proprietate a unor substanţe de a emite radiaţii de o anumită lungime de undă atunci cînd sînt iradiate cu radiaţii de altă lungime de undă. F. se aplică la lămpile cu descărcări în gaze sau vapori metalici, cu scopul convertirii radiaţiilor invizibile (ultraviolete) în radiaţii luminoase de o anumită culoare. Cele mai utilizate substanţe fluorescente (luminofori) sînt: pentru lămpi fluorescente de înaltă presiune, arsenatul de magneziu, germanatul de magneziu şi vanadatul de ytriu; pentru tuburi fluorescente albe, wolframaţii de calciu şi magneziu, halogenofosfaţii (fosfaţi de fluor, clor şi brom); pentru lămpi colorate, silicatul de zinc (verde), boratul de cadmiu (roşu), silicatul de calciu (galben-portocaliu). Substanţele fluorescente, sub forma unei pulberi fine, se aplică pe pereţii interiori ai lămpilor într-un strat subţire, pentru a absorbi cît mai puţine radiaţii vizibile.

flux, material fuzibil utilizat la sudarea cu arc electric, cu scopul de a favoriza ionizarea şi de a proteja îmbinarea de formarea oxizilor sau nitrurilor, sau la lipire, avînd o acţiune decapantă (pastă de lipit). La sudarea manuală cu arc, f. este conţinut de învelişul electrozilor; la sudarea automată sub strat de f. pierderile termice sînt minime, arcul fiind acoperit. Sin. *fondant*.

flux de energie, energie transmisă în unitatea de timp printr-o suprafaţă dată (puterea transmisă). (→ *vectorul lui Poynting*).

flux electric (ψ), **mărime** fizică definită ca integrala de suprafaţă a vectorului inducţie electrică $\bar{D}$ pe suprafaţa S, $\psi = \int_S \bar{D}\,d\bar{A}$. **F.e.** printr-o suprafaţă închisă este egal cu suma sarcinilor electrice adevărate din volumul închis de suprafaţa considerată, $\oint_s \bar{D}\,d\bar{A} = q$ (*legea* **f.e.**). Unitatea de măsură a f.e. este *coulombul*, C.

flux luminos (Φ), **mărime** fizică care evaluează puterea radiaţiei electromagnetice după senzaţia luminoasă pe care o produce. **F.l.** al unei radiaţii monocromatice (care cuprinde numai oscilaţii cu o singură lungime de undă) este $\Phi_\lambda = kV_\lambda P_\lambda$, unde V_λ este vizibilitatea (sensibilitatea ochiului), P_λ — puterea radiaţiei (fluxul energiei radiante), $k = 680$ lm/W — echivalentul fotometric al radiaţiei. *F.l. complex* corespunzător unui spectru *discontinuu*, format din n radiaţii monocromatice, $\Phi = k\sum_{i=1}^{n} V_{\lambda i}P_{\lambda i}$; pentru un spectru *continuu*, $\Phi = k\int_0^\infty V_\lambda p_\lambda\,d\lambda$, unde p_λ este intensitatea spectrală a radiaţiei. **F.l.** al unei surse de lumină se poate determina direct, cu ajutorul *fotometrului integrator (sfera de uniformizare, sfera Ulbricht)*, sau indirect, cu ajutorul → *curbei fotometrice*, prin planimetrare.

Unitatea de măsură a **f.l.** este *lumenul*, lm.

flux magnetic (Φ), **mărime** fizică definită ca integrala de suprafaţă a vectorului inducţie magnetică $\bar{B}$ pe suprafaţa S, $\Phi = \int_S \bar{B}\,d\bar{A}$. **F.m.** printr-o suprafaţă închisă este egal cu zero, $\oint \bar{B}\,d\bar{A} = 0$ (**legea f.m.**). Dacă un circuit este format din N spire, **f.m.** prin suprafaţa unei spire fiind Φ (*f.m. fascicular*), *f.m. total (f.m. înlănţuit)*, definit pe suprafaţa totală delimitată de conturul circuitului considerat este $\psi = N\Phi$. La maşinile electrice interesează, în special, *f.m. principal (util)* prin intermediul căruia se face transferul de putere de la o înfăşurare la alta (la maşinile rotative, **f.m.** din întrefier) şi *f.m. de scăpări (de dispersie)*, care înlănţuie numai o înfăşurare. **F.m.** se măsoară cu ajutorul → *galvanometrului balistic* sau a → *fluxmetrului*, măsurînd tensiunea electromotoare indusă într-o bobină de explorare (sondă) parcursă de **f.m.** fascicular ce trebuie măsurat. Unitatea de măsură a **f.m.** este *weberul*, Wb.

fluxmetru, instrument de măsurare a fluxului magnetic, de tip magnetoelectric, fără cuplu antagonist şi cu un cuplu rezistent neglijabil faţă de cel activ. Bobina echipajului mobil este înseriată cu o bobină de explorare (sondă). Prin varierea fluxului magnetic din sondă, obţinută, de ex., prin conectarea sau deconectarea circuitului, sau prin scoaterea bobinei din cîmp, apare o tensiune electromotoare de inducţie, care determină un curent prin cele două bobine. Asupra bobinei mobile acţionează o forţă electromagnetică, care deviază brusc echipajul mobil cu un astfel de unghi $\Delta\alpha$, încît variaţia fluxului prin suprafaţa sa să compenseze variaţia fluxului prin bobina de explorare, $N_e\Delta\Phi = N_f SB\Delta\alpha$, unde N_e, N_f reprezintă numărul de spire al sondei, respectiv al bobinei de măsură, S — aria spirei medii a bobinei de măsură, B — cîmpul inducţiei magnetice din întrefier. Indicaţia acului indicator măsoară variaţia fluxului, $\Delta\alpha = K\Delta\Phi$, indiferent de modul de variaţie în timp a acestuia (în ipoteza neglijării frecărilor).

fondant, flux.

formula lui Coulomb, teorema lui Coulomb.

formula lui Richardson → **convertor termoionic.**

formula lui Thomson → **circuit rezonant.**

forţare a excitaţiei, la motoarele sincrone, creştere automată a curentului de excitaţie la scăderea tensiunii reţelei sub o anumită limită (de ex., sub 0,85 U_n), pentru menţinerea constantă a valorii cuplului electromagnetic şi pentru asigurarea stabilităţii motorului (→ *excitaţie statică*).

forţă (F), orice acţiune exercitată asupra unui corp care caută să-i modifice starea de mişcare (sau de repaus), sau să-l deformeze. Unitatea de măsură a f. este *newtonul*, N.

forţă electrodinamică, forţă de interacţiune între conductoarele parcurse de curent. **F.e.** este un caz particular al forţei electromagnetice, căci unul din conductoarele străbătute de curent se află în cîmpul magnetic al celorlalte conductoare. **F.e.** de interacţiune dintre două conductoare filiforme paralele, cu lungimea l mult mai mică decît distanţa d dintre ele, aflate în vid (permeabilitatea magnetică μ_0) şi parcurse de curenţii i_1 şi i_2, este dată de relaţia $F = \mu_0 i_1 i_2 l/(2\pi d)$, relaţie aplicată la definirea unităţii de curent (amperul). Dacă curenţii sînt de acelaşi sens, **f.e.** este de atracţie; dacă sînt de sens contrar *f.e.* este de respingere.

forţă electromagnetică, forţă care se exercită asupra conductoarelor par-

curse de curent, aflate în cîmp magnetic. **F.e.** exercitată asupra unui conductor rectiliniu de lungime l, parcurs de curentul I, aflat în cîmpul magnetic de inducție B, este $\bar{F} = I\bar{l}\times\bar{B}$, fig. 126, vectorul $\bar{l}$ fiind

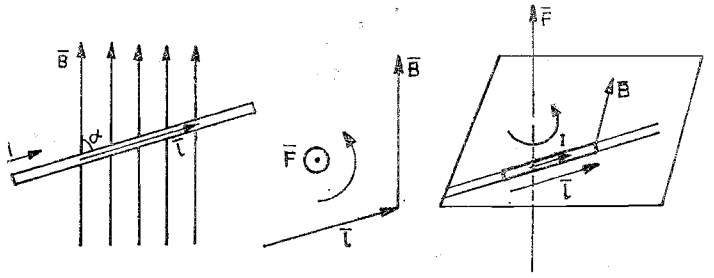


Fig. 126

segmentul conductorului, orientat după sensul curentului (relația este cunoscută și sub numele de *forță Laplace*). În cazul general, **f.e.** mai cuprinde forțe de natură magnetică (↗ *forță magnetică*) și forțe electrice, dependente numai de mărimile electrice ale cîmpului (→ *forță electrostatică*). La mașinile electrice cu înfășurări amplasate în crestături, forța exercitată asupra conductoarelor este mică, deoarece cîmpul din crestătură este mic, în schimb apar forțe importante asupra pereților crestăturii (de natură magnetică), încît, în final, relația de calcul a **f.e.** este tot $F = Il\times B$ unde B este inducția magnetică din întrefier (aceeași expresie ca și cînd conductorul ar fi amplasat pe suprafața indusului). În acest fel solicitările mecanice ale înfășurării sînt mici, ceea ce permite o utilizare bună a materialului conductor. **F.e.** a unui *electromagnet* se numește *forță portantă*.

forță electromotoare, denumire improprie a tensiunii electromotoare.

forță electrostatică, forță ce se exercită, în regim electrostatic, între corpuri încărcate sau polarizate electric. *Forța coulombiană* de interacțiune dintre două corpuri punctiforme, încărcate cu sarcinile q_1 și q_2, aflate în vid (permitivitatea ε_0) la distanța d, este $F = q_1q_2/(4\pi\varepsilon_0 d^2)$ *(formula lui Coulomb)*. Dacă sarcinile sînt de același sens, **f.e.** este de respingere; dacă sînt de sensuri contrare **f.e.** este de atracție. **F.e.** exercitată asupra unui corp punctiform încărcat cu sarcina q, aflat în cîmpul electric de intensitate $\bar{E}$, este $\bar{F} = q\bar{E}$. **F.e.** exercitată asupra unității de arie a suprafeței de separație dintre două medii dielectrice cu permitivitățile ε_1 și ε_2 este $F = (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)(E_{1t}^2 + \varepsilon_1 E_{1n}^2/\varepsilon_2)/2$, N/m², unde E_{1t}, E_{1n} sînt componentele tangențială, respectiv normală a intensității cîmpului electric în mediul cu permitivitatea ε_1 (**f.e.** este orientată dinspre mediul cu permitivitate mai mare înspre cel cu permitivitate mai mică).

forță Lorentz, forță electromagnetică ce se exercită asupra unui corp (microparticulă) încărcat cu sarcina electrică q, aflat în mișcare cu viteza $\bar{v}$ în cîmpul magnetic de inducție $\bar{B}$, $\bar{F} = q\bar{v}\times\bar{B}$.

forță magnetică, forță electromagnetică care depinde numai de mărimile magnetice ale cîmpului. **F.m.** exercitată asupra unității de arie a unei suprafețe de separație dintre două medii cu permeabilități magnetice

diferite μ_1 și μ_2 este $F = (\mu_1 - \mu_2)(H_{1t}^2 + \mu_1 H_{1n}^2/\mu_2)/2$, N/m², unde H_{1t}, H_{1n} sînt componentele tangențială, respectiv normală a intensității cîmpului magnetic din mediul cu permeabilitatea μ_1 (**f.m.** este orientată dinspre mediul cu permeabilitatea magnetică mai mare înspre cel cu permeabilitatea mai mică).

forță magnetomotoare, tensiune magnetomotoare.

fosforescență, proprietate a unor substanțe de a emite radiații luminoase un timp îndelungat (de ordinul orelor), după încetarea radiației incidente care a produs excitarea atomilor (→ *luminescență*).

fotocatod, catod care emite electroni prin → *efect fotoelectric*.

fotoconductivitate → **conducție**, → **efect fotoelectric**.

fotodiodă, diodă semiconductoare polarizată invers, bazată pe efectul fotoelectric intern, astfel construită încît joncțiunea *pn* să poată fi iluminată. Spre deosebire de celula fotoelectrică, **f.** are sensibilitate mai mare, dimensiuni mai mici și fiabilitate sporită. În lipsa tensiunii aplicate din exterior, **f.** poate funcționa ca fotoelement. **F.** se utilizează în automatizări (de ex., la comanda automată a iluminatului exterior), avînd sensibilitatea de ordinul sutelor de mA pe lumen.

fotoelement, convertor fotoelectric.

fotometrie, ramură a tehnicii iluminatului electric care studiază mărimile fotometrice (fluxul luminos, intensitatea luminoasă, iluminarea, luminanța și emitanța), metodele de măsurare a lor și proprietățile corpurilor iluminate (factorii de reflexie, de transmisie și de absorbție).

fotometru, aparat folosit la măsurarea unor mărimi fotometrice (fluxul luminos, iluminarea, luminanța etc.).

fotomultiplicator, tub fotoelectric la care între catod și anod se intercalează mai mulți electrozi (dinode) cu rolul de a emite electroni secundari și de a mări, astfel, sensibilitatea tubului. **F.** au 6...12 trepte de multiplicare, tensiuni de alimentare de 1...3 kV și sensibilități de 1...100 A/lm, ceea ce le permite să sesizeze rapid, fără inerție, iluminări foarte mici. Se utilizează în fotometrie. Sin. *multiplicator fotoelectric*.

foton, particulă asociată radiației electromagnetice potrivit teoriei dualismului undă-corpuscul. **F.** are masa de repaus și sarcina electrică nule. Energia **f.** unei radiații electromagnetice de frecvență ν este $h\nu$ (h → *constanta* lui Planck). Sin. *cuantă de lumină*.

fotorezistență, fotorezistor.

fotorezistor, rezistor semiconductor a cărui rezistență electrică scade odată cu creșterea iluminării (→ *conducție*). **F.** constă dintr-o placă izolantă de bază, pe care este așezat un strat semiconductor cristalin (de ex., CdS), în care sînt implantați doi electrozi. Se utilizează în automatizări, la fel ca fotodioda, față de care are însă o inerție mai mare. Sin. *fotorezistență*.

fototiristor, tiristor a cărui intrare în conducție se obține prin iluminarea bazelor structurii *pnpn*. În fig. 127

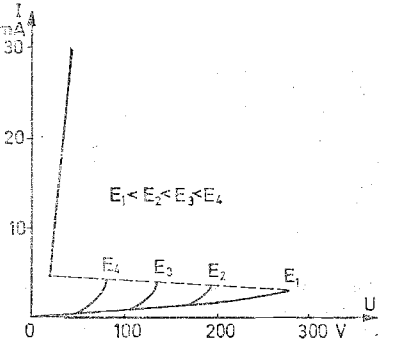


Fig. 127

sînt date caracteristicile voltampermetrice ale unui f., cu iluminarea ca parametru.

fototranzistor, tranzistor la care curentul de colector este comandat prin iluminarea uneia din regiunile structurii (baza, emitorul sau colectorul). Contactul bazei nu se mai folosește decît pentru o eventuală stabilizare la variația temperaturii.

Foucault, J.B. Léon (1819—1868), fizician francez. Contribuții în domeniul opticii și electrotehnicii. În 1858, descoperă *curenții turbionari (curenții F.)*, curenți ce apar prin inducție electromagnetică în medii conductoare masive aflate în cîmp magnetic variabil. A construit un regulator pentru arcul electric folosit ca lumină la faruri și un întreruptor cu mercur, al cărui principiu se aplică și astăzi la unele bobine de inducție. A determinat experimental viteza luminii la valoarea 298 000 km/s și a construit un telescop cu oglindă argintată. A demonstrat rotația pămîntului cu ajutorul unui pendul *(pendulul lui F.)*. Inventator al giroscopului (1852).

Franklin, Benjamin (1706—1790), fizician, filozof, economist și om politic american. Coautor al Declarației de Independență (1776) și primul emisar al Statelor Unite în Europa (la Paris, 1776—1785). A introdus noțiunile de sarcină electrică *pozitivă* și *negativă*, arătînd că nu există două feluri de electricitate (sticloasă și rășinoasă, cum a propus Du Fay, în 1733), ci unul singur. A pus în evidență, prin experiențe, natura electrică a descărcărilor atmosferice (fulgerul, trăsnetul). A inventat *paratrăsnetul* (1752), prima utilizare practică a unei invenții din domeniul electricității. A studiat propagarea sunetului și propulsia navelor.

frecvență (f), mărime pozitivă caracteristică pentru fenomenele periodice, care indică numărul de cicluri (perioade) din unitatea de timp. **F.** este valoarea reciprocă a perioadei T, $f = 1/T$. **F.** se măsoară în *herți*, Hz (s^{-1}), prin metode de comparare, metode de numărare sau cu → *frecvențmetrul*.

frecvențmetru, instrument de măsurare a frecvenței tensiunilor alternative. După principiul de funcționare se deosebesc **f.** cu lame vibrante, **f.** cu ac indicator și **f.** cu numărător electronic. *F. cu lame vibrante* este un aparat electromagnetic bazat pe rezonanța mecanică, alcătuit dintr-o serie de lamele cu frecvențe de oscilație proprie diferite. Lamelele sînt excitate de un electromagnet alimentat cu tensiunea a cărei frecvență se măsoară. Lamela cu frecvența de oscilație proprie egală cu frecvența vibrației electromagnetului intră în rezonanță și oscilează cu elongația maximă (fig. 128). *F. cu ac indicator* sînt logometre electrodinamice și măsoară frecvențe într-o bandă îngustă (de ex., 48... 52 Hz). La *f. cu numărător*, cu afișaj numeric, oscilațiile de măsurat se

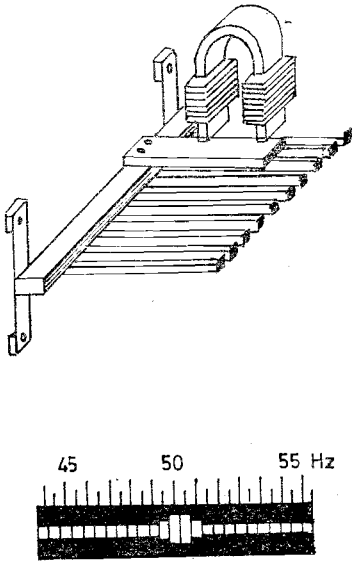


Fig. 128

transformă într-o serie de impulsuri, care se numără într-un interval de timp determinat cu mare precizie cu ajutorul unui oscilator cu cuarț, cu frecvență stabilă de oscilație. Se utilizează pînă la 1 MHz și are precizie de ordinul 0,001%.

frînare electrică, frînare obținută prin transformarea energiei mecanice înmagazinate în masele unui sistem de acționare electrică (cinetice sau potențiale), în energie electrică. Dacă energia electrică obținută este retrocedată rețelei de alimentare, **f.e.** este recuperativă. *F.e. recuperativă* se realizează atunci cînd turația motorului de acționare devine mai mare decît turația de mers în gol ideal (la mașina sincronă, cînd se schimbă semnul unghiului de sarcină). În această situație se schimbă sensul curentului (la mașinile de curent continuu), sau defazajul dintre curent și tensiune (la mașinile de curent alternativ), iar motorul trece în regim de generator care debitează pe rețea. **F.e.** recuperativă se aplică atunci cînd este necesară menținerea constantă a vitezei, de ex., în tracțiunea electrică la coborîrea pantelor lungi, sau la instalațiile de ridicat cu înălțime mare de ridicare, la coborîrea sarcinii *(f.e. staționară, f.e. de menținere)* și este mai puțin utilizată pentru oprire *(f.e. nestaționară, f.e. de oprire)*. Frecările din mecanisme și rezistențele de natură mecanică acționează în sensul frînării, astfel că puterea de frînare este, în general mai mare decît puterea de acționare (de ex., o locomotivă electrică poate frîna recuperativ, la viteză constantă, pe o anumită pantă, un tren de tonaj mai mare decît cel pe care îl poate remorca cu aceeași viteză pe o rampă de aceeași declivitate, fără supraîncălzirea motoarelor). La acționările de curent continuu alimentate din rețeaua de curent alternativ **f.** recuperativă este realizabilă numai atunci cînd energia de curent continuu recuperată se poate converti în energie de curent alternativ (de ex., cu un invertor), sau dacă pe rețeaua de curent continuu există alte receptoare capabile să absoarbă energia recuperată (cazul tracțiunii electrice cu fir de contact alimentat în curent continuu). Prezintă dezavantajul că este dependentă de rețeaua de alimentare; la avarierea acesteia (de ex., la ruperea firului de contact), frînarea nu mai este posibilă. *F.e. reostatică (dinamică)* se face deconectînd motorul de acționare de la rețea și conectîndu-l pe un reostat, pe care debitează energia electrică obținută în procesul de frînare. Motorul de curent continuu trece în regim de generator de curent continuu; motorul asincron, excitat în curent continuu pe două faze trece în regim de generator sincron de frecvență proporțională cu turația; motorul sincron, în generator sincron (frînarea cu generator asincron excitat cu condensatoare se aplică rar). Sursa de curent continuu necesară excitării motorului asincron cu rotor bobinat nu mai este necesară dacă se aplică *f.e. dinamică autoexcitată*, care constă în redresarea tensiunilor culese la perii și alimentarea a două faze statorice cu tensiunea redresată. **F.e.** reostatică, mai puțin economică, dar mai sigură, se utilizează în numeroase acționări electrice (tracțiune electrică, instalații de ridicat etc.). Dacă frînarea se face prin consumare de energie de la rețea, se numește *f.e. propriu-zisă (f.e. prin conectare inversă, f.e. în contracurent)* și se obține fie prin inversarea sensului de rotație a motorului, păstrînd conexiunile cu rețeaua (cazul mașinilor de ridicat la coborîrea sarcinii), fie la același sens de rotație, prin inversarea conexiunilor, ca în cazul motoarelor de tracțiune (la motorul de curent continuu schimbarea polarității tensiunii, fie la indus, fie la inductor; la motorul asincron, inversarea succesiunii fazelor, prin schimbarea a două faze între ele). **F.e.** propriu-zisă asigură cupluri mari de frînare, ceea ce permite oprirea rapidă a acționării, dar suprasolicită termic

motorul de acționare. În momentul opririi, motorul trebuie deconectat de la rețea, altfel pornește în sens invers (de ex., la mașinile-unelte se folosește în acest scop un releu de viteză cu magnet permanent ALNICO). În fig. 129 sînt prezentate caracteristicile diferitelor tipuri de f.e. pentru motoare cu caracteristică mecanică rigidă (tip *derivație*). Se observă că la f.e. reostatică cuplul de frînare este egal cu zero la turație nulă. Pentru mărirea cuplului în zona turațiilor joase se micșorează treptat rezistența reostatului *(f.e. în trepte)*.

frînă cu curenți turbionari, mașină electrică utilizată ca frînă, avînd rotorul sub forma unui disc metalic care se rotește în întrefierul unui circuit magnetic excitat în curent continuu. (fig. 130). Prin rotire în disc se produc curenți turbionari (de inducție), care creează cuplu de frînare. **F.cu c.t.** se utilizează la frînarea acționărilor cu moment mare de inerție și ca dispozitiv de încărcare la încercarea mașinilor electrice. Pentru a se putea măsura direct cuplul util al motorului de încercat, statorul care poartă polii de excitație basculează în niște lagăre, în jurul axei de rotație; cuplul de reacțiune exercitat asupra statorului poate fi echilibrat cu o pîrghie cu contragreutate, cu un dinamometru sau cu o balanță. Reglarea cuplului de frînare se face prin modificarea curentului de excitație. Sin. *frînă de inducție*.

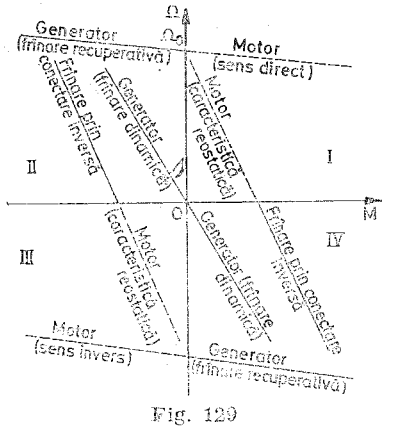


Fig. 129

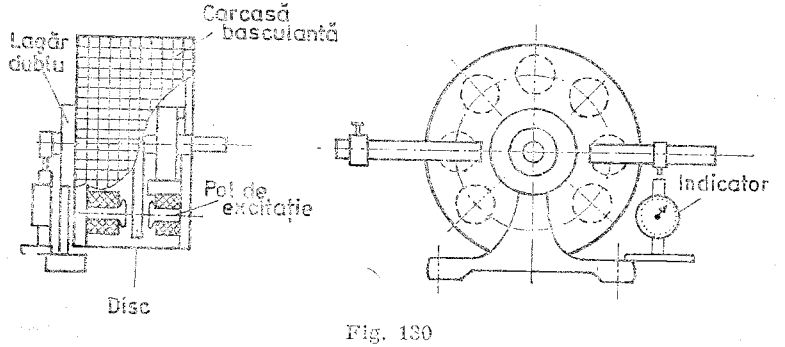


Fig. 130

frînă de inducție, frînă cu curenți turbionari.

fulger → **deseărcare atmosferică.**

funcție de transfer (f(p)), raport dintre → *transformata Laplace E(p)* a funcției de timp *e(t)*, care reprezintă mărimea de ieșire a unui sistem, și transformata Laplace *I(p)* a funcției *i(t)*, care este mărimea sa de intrare, $f(p)=E(p)/I(p)$, $E(p)=\mathcal{L}(e)=$

$$=\int_0^\infty e(t)\exp(-pt)\,dt,\quad I(p)=\mathcal{L}(i)=$$

$$=\int_0^\infty i(t)\exp(-pt)\,dt,$$

în ipoteza unor condiții inițiale nule. **F.de t.** servește la descrierea regimurilor tranzitorii (în particular, la studiul stabilității) sistemelor de acționare cu reglare automată.

funcție originală, transformare Laplace.

funcționare în paralel, mod de funcționare a două mașini electrice care transmit energia aceluiași consumator. Transformatoarele pot funcționa în paralel (cu bornele primare, respectiv secundare legate la aceleași bare colectoare) dacă au același raport de transformare, aceeași grupă de conexiuni, aceleași tensiuni de scurtcircuit (abateri admise de ±10%) și puteri apropiate (raportul maxim al puterilor nominale de 1 :3). Generatoarele funcționează în paralel cînd sînt conectate la aceeași rețea. Generatoarele sincrone pot funcționa în paralel dacă au aceleași tensiuni la borne (și în fază), aceeași succesiune a fazelor și aceeași frecvență. Punerea lor în paralel se numește → *sincronizare*. Motoarele funcționează în paralel dacă sînt alimentate de la aceeași rețea și acționează același arbore.

funie, conductor multifilar, flexibil format din sîrme cu diametrul de peste 0,3 mm (mai mare decît la → *liță*) răsucite împreună.

G

g, simbol pentru accelerația gravitațională.

G, simbol pentru → **conductanță**.

G, simbol pentru greutate.

G → **gauss**.

G(giga) → **unități de măsură**.

galet, bobină de formă inelară, simplă sau jumelată, cu mai multe straturi, folosită la unele tipuri de înfășurări la transformatoare *(înfășurări secționate)*. G. se așază unul peste altul în direcție axială, fiind separați de discuri izolante sau de piese izolante de distanțare. Sin. *bobină disc*.

Galvani, Luigi (1737—1798), fizician și medic italian. Profesor de anatomie la Universitatea din Bologna. A descoperit întîmplător (1786) că mușchiul piciorului de broască se convulsionează dacă este atins cu două metale diferite legate la un capăt. Experiența sa a fost prima punere în evidență a unui curent electric produs de o tensiune electromotoare într-un circuit închis. G. a atribuit acest fenomen unei electricități de natură animală, ipoteză contestată de fizicienii contemporani, în special de A. Volta, care a arătat că G. descoperise de fapt curentul electric și că acest fenomen apare și fără folosirea unui organ animal, prin simpla introducere a celor două metale într-o soluție (pila galvanică). Lucrări privind efectele fiziologice ale curentului electric.

galvanic, referitor la curentul electric de conducție (de ex., *cuplaj g.* — legătură electrică conductivă).

galvanizare, acoperire a metalelor în scopuri decorative sau de protecție împotriva coroziunii, prin metode electrolitice *(→ galvanotehnică)*.

galvanometru, instrument electric de măsură cu citire directă, de mare precizie și sensibilitate, la care deviația echipajului mobil este determinată de trecerea unui curent de conducție. Se utilizează frecvent ca *instrument de zero*, pentru măsurarea curenților și tensiunilor foarte mici *(microampermetre, microvoltmetre)*, sau a unor sarcini de ordinul microculombilor *(g. balistic)*. Echipajele mobile ale g. pot fi magnetoelectrice, electromagnetice sau electrodinamice. Cel mai răspîndit g. este *g. cu bobină mobilă*, cu ac indicator sau cu oglindă (cu spot luminos); bobina, confecționată din sîrmă de cupru cu diametrul de 0,01...0,05 mm, este suspendată prin fire sau bandă elastică, care dau și cuplul rezistent, în cîmpul unui magnet permanent. G. de mare sensibilitate au ca echipaj mobil unul sau mai multe *ace magnetice* care se rotesc în cîmpul magnetic creat de bobine fixe; în varianta *g. vibrator*, la care acul poate urmări variațiile cuplului pînă la frecvențe de 4 kHz, se utilizează ca instrumente de nul în punțile de curent alternativ. Dacă frecvența de oscilație proprie a echipajului este egală cu frecvența curentului (acordare de rezonanță), sensibilitatea g. este mult mai mare decît în curent continuu (pînă la 10^{-9} A/mm). *G. balistic* are bobina mobilă cu moment mare de inerție, astfel încît mișcarea echipajului mobil începe, practic, după ce întreaga cantitate de electricitate a trecut prin instrument (efect de integrare). Viteza inițială imprimată este proporțională cu sarcina electrică totală; citirea se face la prima amplitudine, dacă mișcarea este oscilatorie, sau la deviația maximă, în cazul mișcării aperiodice. G. balistic se etalonează în condițiile de măsurare, iar rezistența circuitului exterior se menține constantă.

galvanoplastie → **galvanotehnică**.

galvanostegie → **galvanotehnică**.

galvanotehnică, totalitate a tehnologiilor de acoperire pe cale electrochimică a unor obiecte metalice sau nemetalice în scopul protecției contra coroziunii sau uzurii, în scopuri funcționale (de ex., mărirea conductivității electrice sau a aderenței aliajului de lipit) și decorative, sau pentru obținerea unor copii metalice. G. cuprinde galvanostegia și galvanoplastia. Prin *galvanostegie* se urmărește depunerea, pe obiecte metalice, a unui strat metalic subțire (de ordinul zecilor de microni), continuu și aderent. Obiectele, legate la polul negativ al sursei de curent continuu, se scufundă într-o soluție ce conține sarea metalului care se depune; anozii sînt, de regulă, *solubili*, constituiți din metalul ce se depune (în unele cazuri, de ex., la cromare, se folosesc și anozi *insolubili*, de plumb sau titan). Metalul suport trebuie prelucrat, mecanic și chimic, înaintea acoperirii, pentru mărirea aderenței (dacă metalul care se depune nu aderă la metalul suport, se depune întîi un strat intermediar, de obicei de cupru, aderent la ambele metale). *Decaparea* urmărește înlăturarea stratului de oxid, prin corodare chimică; *degresarea* înlătură grăsimile de pe suprafața piesei; prin *polizare, șlefuire* și *lustruire* se îmbunătățește calitatea suprafeței; prin *băițuire* se tratează piesa cu o soluție de acid diluat. O influență importantă asupra calității depunerii o au factorii fizico-chimici (compoziția, temperatura și concentrația electrolitului, prezența unor adausuri și a unor suspensii coloidale, cu efect direct asupra durității, porozității și luciului suprafeței, agitarea soluției, eventual folosirea ultrasunetelor) și regimul electric (tensiunea la electrozi, densitatea de curent, inversarea periodică a polarității). Galvanizarea se face în cuve (în cazul pieselor de dimensiuni mari, care se atîrnă de bare conductoare) sau în tobe și clopote rotative, în care piesele, de dimensiuni mici, își schimbă continuu poziția. *Galvanoplastia* cuprinde procedeele de obținere a unor copii metalice de pe obiecte sau de depunere a unor straturi metalice relativ groase și neaderente. La reproducere se folosesc de regulă matrițe (negativul obiectului), unse cu un strat de unsoare, pentru a se detașa ușor de copie și acoperite cu praf de grafit, în cazul materialelor nemetalice. *Galvanotipia* este un procedeu galvanoplastic special, de reproducere a formelor tipografice și a gravurilor în lemn, pe cupru sau zinc. Copia se poate scoate direct după un clișeu fotografic, după ce a fost acoperit cu un strat conductor neaderent. G. are aplicații nu numai în tehnică, ci și în artele plastice (sculptură). Industria electronică utilizează pe scară largă procedeele g. la confecționarea contactelor, prin depuneri de metale nobile (aur, platină, rodiu, paladiu). La acoperirile de protecție trebuie să se țină seama de posibilitatea apariției elementelor galvanice locale, în prezența umezelii, dacă stratul depus nu este compact și dacă are pori, elemente care produc coroziunea electrolitică a metalului suport.

gard electric, împrejmuire din fire conductoare izolate față de pămînt, la care se conectează un generator de impulsuri de înaltă tensiune (pînă la 5 kV) și de putere mică, utilizată la pășunatul dirijat. Cînd animalele ating firele, prin corpul lor se închid impulsuri de curent (nepericuloase),

de ordinul zecilor de mA (sarcini electrice de ordinul mAs), care produc şocuri electrice şi fac ca ele să se îndepărteze şi să evite apropierea de g.e.

Gauss, Karl Friedrich (1777—1855), matematician, astronom, geodez şi fizician german. Profesor la Universitatea din Göttingen. Lucrări de astronomie şi matematici. În 1812 introduce calculul cu numere complexe, stabilind corespondenţa biunivocă între numerele complexe şi punctele din planul complex şi elaborează metode de reprezentare conformă. În 1821 elaborează teoria erorilor, dînd metoda celor mai mici pătrate şi curba de distribuţie a erorilor *(clopotul lui G.)*. În cadrul Societăţii de magnetism din Göttingen pe care a fondat-o împreună cu W. E. Weber, care a coordonat cercetarea internaţională a magnetismului terestru, construieşte aparate (magnetometrul, 1832), dintre care unele se folosesc şi azi. Împreună cu Weber, construieşte primul telegraf electromagnetic utilizabil (1833). În 1831, G. pune bazele sistemului absolut electromagnetic de unităţi de măsură (unitatea de inducţie magnetică în acest sistem poartă numele lui G.), iar în 1840 fundamentează teoria potenţialului. Formula de transformare a integralei de volum în integrală de suprafaţă *(formula Gauss — Ostrogradski)* are aplicaţii în electrotehnică *(legea fluxului electric, legea fluxului magnetic)*. Contribuţii importante în algebră (metoda G. de rezolvare a sistemelor de ecuaţii liniare — *algoritmul lui G.*), geometria diferenţială, geometria neeuclidiană şi multidimensională, analiza matematică etc.

gauss (G, Gs), unitate de măsură (tolerată) pentru inducţia magnetică în sistemul de unităţi CGS electromagnetic; $1\ G = 10^{-4}T$.

Gb → **gilbert.**

generator. 1. Maşină electrică care transformă energia mecanică primită la arbore în energie electrică cedată pe la borne. Există *g. de curent continuu (→ maşina de curent continuu), g. asincron (→ maşina asincronă), g. sincron (→ maşina sincronă)* şi *g. speciale (→ amplidină, g. de sudare, g. de frecvenţă ridicată* etc.). În conformitate cu principiul reversibilităţii maşinilor electrice, un g. poate funcţiona, în general, şi ca motor. 2. → *convertor.*

generator de curent echivalent, generator care poate echivala o reţea electrică liniară activă, în raport cu două borne oarecare, debitînd un curent egal cu valoarea curentului de scurtcircuit al reţelei între cele două borne şi avînd conectată, în paralel, o admitanţă (în curent alternativ) sau o conductanţă (în curent continuu), egală cu admitanţa (conductanţa) reţelei pasivizate în raport cu aceleaşi borne *(teorema* g.de e.e., *teorema lui Northon)*.

generator de frecvenţă ridicată, generator rotativ utilizat la alimentarea instalaţiilor de încălzire prin inducţie, la frecvenţe cuprinse între 1000 şi 10 000 Hz, funcţionînd pe principiul variaţiei reluctanţei circuitului magnetic. Atît înfăşurarea de lucru, cît şi cea de excitaţie, sînt amplasate pe stator, rotorul avînd crestături deschise, fără înfăşurare. Prin rotirea rotorului, datorită modificării reluctanţei circuitului magnetic, inducţia magnetică are o variaţie pulsatorie, cu frecvenţa determinată de numărul dinţilor rotorici. Cel mai răspîndit g.de f.r. este *g. Guy*, la care fiecare pol este împărţit în două jumătăţi de o crestătură în care se amplasează înfăşurarea de lucru (fig. 131). Polii sînt prevăzuţi cu crestături mici, semirotunde, cu pasul egal cu al crestăturilor rotorice. Crestăturile statorice sînt defazate la fiecare doi poli vecini cu o jumătate de crestătură, astfel încît, dacă la un moment dat dinţii de pe un semipol sînt faţă în faţă cu dinţii rotorici, la semipolul următor dinţii sînt în faţa crestăturilor. Cea mai mare

parte a fluxului polar trece prin acel semipol, care prezintă reluctanţa cea mai mică (care are dinţii în faţa dinţilor rotorici). Fluxul magnetic îmbrăţişat de bobina de lucru este egal cu diferenţa fluxurilor celor doi semi-

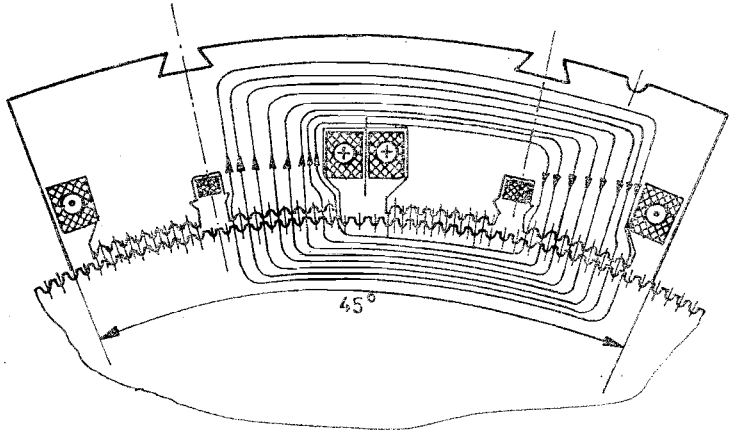


Fig. 131

poli, iar prin rotirea rotorului predomină periodic fluxul dat de polul de un nume şi, apoi, fluxul dat de polul de nume contrar; frecvenţa tensiunii induse în înfăşurarea de lucru este $f = zn/60$, unde n este turaţia rotorului în rot/min, z — numărul dinţilor rotorului. La $z = 320$ şi $n = 1500$ rot/min, $f = 8000$ Hz. G.de f.r. este antrenat de un motor asincron cu rotorul în scurtcircuit, care face corp comun cu generatorul; puterea agregatului este de ordinul sutelor de kW, iar pornirea se face cu ajutorul autotransformatoarelor, care pot deservi, pe rînd, mai multe g.de f.r. Sin. *generator de medie frecvenţă*.

generator de medie frecvenţă, generator de frecvenţă ridicată.

generator de sudare → **surse de sudare.**

generator de tensiune echivalent, generator care echivalează o reţea liniară, activă, în raport cu două borne oarecare, avînd tensiunea electromotoare egală cu tensiunea de mers în gol la bornele considerate şi fiind conectat în serie cu o impedanţă (în curent alternativ), respectiv cu o rezistenţă (în curent continuu), egală cu impedanţa (rezistenţa) echivalentă a reţelei în raport cu aceleaşi borne *(teorema* g.de t.e., *teorema Thévenin-Helmholtz)*.

generator fotoelectric, convertor fotoelectric.

generator Hall, traductor Hall.

generator magnetohidrodinamic, convertor magnetohidrodinamic.

generator termoelectric, convertor termoelectric.

generator termoionic, convertor termoionic.

generator Van de Graaf, maşină electrostatică utilizată în laboratoarele de înaltă tensiune sau la acceleratoarele de particule. Pe o bandă izolantă

(de ex. de mătase cauciucată) antrenată de un motor electric, se aduc, cu ajutorul unui pieptene cu dinți de platină, sarcini electrice pozitive de la o sursă de curent continuu cu polul minus legat la pămînt (fig. 132).

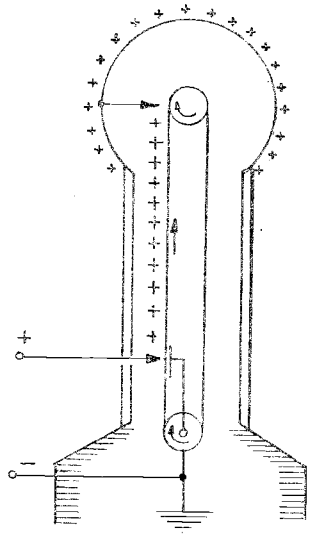


Fig. 132

Banda transportă sarcinile pînă la partea superioară, unde sînt transmise, cu alt pieptene, unei sfere metalice goale instalate pe o coloană izolantă. Sfera se încarcă cu sarcini pozitive, tensiunea față de pămînt obținută, funcție de capacitatea sferei, fiind de $1...10^3$kV. Tensiunea maximă este limitată de rigiditatea dielectrică a instalației. Pentru mărirea tensiunii și a curentului (10...20 mA), ultimele tipuri de **g.V.de G.** sînt introduse în gaze comprimate (de ex. hexafluorură de sulf, SF_6, sau freon, CCl_2F_2).

germaniu (Ge), element chimic cu proprietăți semiconductoare; numărul atomic 32; masa atomică 72,6; valențele 4 și 2; cristale cubice; masa specifică 5,35 g/cm³; punctul de topire 958,5°C; punctul de fierbere 2700° C. Descoperit în 1886, g. se utilizează în electronică (diode, tranzistoare) și în electronica de putere, dar în măsură mai mică decît siliciul, care are calități superioare (tensiunea de străpungere mult mai ridicată).

Gheorghiu, Ion S. (1885—1968), inginer electrotehnician român, profesor universitar la București, membru al Academiei R. S. România. Promotor al electrificării căilor ferate din România, proiectant al unor lucrări de electrificare și autor al unor studii tehnico-economice privind introducerea tracțiunii electrice (a introdus noțiunea de trafic critic și a dedus formula de calcul al declivității minime de la care electrificarea devine mai rentabilă decît dublarea liniei). Contribuții în energetică și în teoria generală a mașinilor electrice. Cercetări asupra funcționării în paralel a centralelor electrice.

Gilbert, William (1544—1603), fizician și medic englez. Pionier al experimentărilor de electrostatică și magnetostatică. În lucrarea sa *„De magnete"* (1600) descrie magnetizarea prin inducție și imaginează globul pămîntesc ca un uriaș magnet, studiindu-i cîmpul magnetic cu ajutorul unui magnet sferic. Introduce în fizică noțiunile *electricitate, pol magnetic, forță electrică*, arătînd diferența dintre atracția magnetică și cea electrică. În 1605, construiește primul model de electroscop, cu care pune în evidență starea de electrizare a corpurilor. A împărțit corpurile în *conductoare* și *izolatoare* și a observat, primul, dispariția magnetismului la fierul încălzit la roșu.

gilbert (Gb), unitate de măsură (tolerată) pentru tensiunea magnetică și tensiunea magnetomotoare în sistemul de unități CGSem (neraționalizat). 1 Gb = $10/(4\pi)$ A.

girobus, vehicul de transport în comun, cu energie înmagazinată într-un volant cu moment mare de inerție. În stația

de plecare volantul este antrenat de un motor electric, aflat pe vehicul, la o turație mare, înmagazinînd energie cinetică. După deconectarea de la rețea motorul trece în regim de generator, fiind antrenat de volant, alimentînd motoarele de tracțiune. După o distanță de mers de cca 10 km turația volantului scade la o valoare care impune o nouă încărcare cu energie cinetică, prin conectarea la rețea a motorului în următoarea stație de încărcare. Micșorarea pierderilor de energie prin frecarea cu aerul se poate obține prin etanșarea incintei în care se rotește volantul și umplerea sa cu hidrogen. G. nu poluează mediul ambiant și nu necesită rețea de contact pentru alimentarea cu energie electrică, dar prezintă dezavantajul că raza de acțiune este limitată.

girotractor, locomotivă de transport industrial (uzinal, minier etc.) acționată de un volant cu moment mare de inerție, care înmagazinează energie cinetică și o restituie la deplasarea vehiculului *(→ girobus)*.

gol → semiconductor.

grad de protecție, simbol de clasificare sistematică a protecției echipamentelor electrice împotriva pătrunderii apei sau corpurilor străine în interiorul carcasei, precum și împotriva atingerii (accidentale sau intenționate) a părților interioare aflate în mișcare sau sub tensiune. După codul internațional, g.de p. se simbolizează cu literele IP (engl. interelement protection) urmate de două cifre, prima, de la 0 la 6, referitoare la protecția contra atingerii și contra pătrunderii corpurilor solide, a doua de la 0 la 8, referitoare la protecția contra umezelii. **G.de p.** *normale* ale echipamentului electric sînt prezentate în tabelul 4; ele nu se referă la protecția specială (medii cu pericol de explozie, cu vapori corozivi, cu condiții speciale de climă etc).

gradient (grad), mărime vectorială care descrie variația în spațiu a unei mărimi scalare. G. funcției scalare $V(x, y, z)$, într-un punct, este un vector orientat după normala la suprafața de nivel V = const în punctul considerat, în sensul creșterii funcției, cu modulul egal cu variația funcției pe unitatea de lungime: grad $V = \nabla V = \lim_{\Delta l \to 0} \frac{\Delta V}{\Delta l} \bar{n}_0 = \frac{dV}{dl} \bar{n}_0$, unde $\bar{n}_0$ este versorul normalei (fig. 133). În

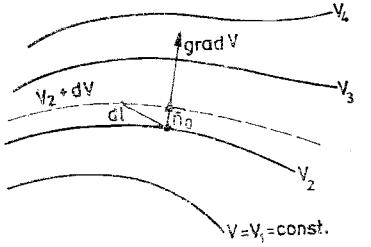


Fig. 133

coordonate carteziene, grad $V = \nabla V = \bar{i}\frac{\partial V}{\partial x} + \bar{j}\frac{\partial V}{\partial y} + \bar{k}\frac{\partial V}{\partial z}$, $\bar{i}$, $\bar{j}$, $\bar{k}$ fiind versorii axelor de coordonate. G. potențialului electric V este egal și de semn contrar cu intensitatea cîmpului electric $\bar{E} = -\nabla V = -$ grad V.

graf, schemă formată din puncte (noduri) și laturi (orientate sau neorientate), utilizată în teoria sistemelor și la studiul rețelelor electrice.

grafit, formă naturală (stabilă) a carbonului, cu atomii repartizați în cristale hexagonale și puritate ce poate atinge 99,999%. Masa specifică 2,2 g/cm³; conductivitatea electrică (1,5...2,3 Ωcm) și termică (120...130 W/(m grd) de valori mari; punctul de topire 3700°C. Utilizări: creuzete de topire în vid a metalelor și semiconductoarelor, încălzite direct sau inductiv cu ajutorul curentului electric (în aer g. nu poate fi încălzit la temperaturi mai mari de 500°C din cauza oxidării intense); anozi pentru

Tabelul 4

Grade normale de protecție contra atingerii și pătrunderii corpurilor străine și a apei, pentru echipamentul electric (STAS 5325—70)

Denumirea protecției	Prima cifră caracteristică	A doua cifră caracteristică	Simbolul gradului de protecție
		Fără protecție	IP00
		Picătuni de apă de condensare	IP11
		Picătuni ce cad la max. 15° față de verticală	IP12
		Apă de ploaie	IP23
		Stropire cu apă	IP34
		Jeturi de apă sub presiune	IP55
		Execuție navală	IP56
		Imersiune în apă	IP67
		Utilaj submersibil	IP68
Fără protecție	0	0	IP00
Corpuri solide cu grosime de peste 50 mm	1	1	IP11
Idem, peste 12 mm	2	2	IP22
Idem, peste 2,5 mm	3	3	IP32
Idem, peste 1 mm	4	4	IP42
Praf, protecție parțială	5	5	IP54
Praf, protecție totală	6	6	IP65
		7	IP66
		8	IP67

redresoare cu vapori de mercur, electrozi pentru cuptoare electrice cu arc și pentru cuptoare de electroliza aluminiului; contacte electrice alunecătoare (→ *perii* la mașini electrice); rezistoare de încălzire etc.

Gramme, Zénobe Théophile (1826—1901), inventator belgian. Stabilit la Paris din 1856. În 1867 obține un brevet pentru perfecționarea unei mașini de curent alternativ, iar în 1869 construiește *generatorul de curent continuu cu autoexcitație*, la care adoptă înfășurarea în inel a indusului și colectorul de la mașina cu magneți permanenți a italianului A. Pacinotti (construită în 1860). Împreună cu inginerul francez H. Fontaine (cu care înființează o fabrică de mașini electrice) demonstrează, în 1873, principiul *reversibilității mașinilor electrice* (posibilitatea funcționării unei mașini atît ca generator, cît și ca motor).

grilă, electrod de comandă la tuburi electronice sau ionice. La tiristoare, denumirea de **g.** este improprie (→ *comandă pe* **g.**).

grup convertizor, agregat format din două sau mai multe mașini electrice, care schimbă parametrii energiei electrice (tensiunea, curentul, frecvența, numărul de faze).

grup electrogen, agregat format dintr-un generator și un motor primar de antrenare (motor diesel, turbină cu abur sau hidraulică, motor eolian etc.), care transformă energia mecanică în energie electrică. **G.e.** se folosește, în afara centralelor electrice, ca surse autonome de energie sau ca surse de rezervă (de ex., în stațiile de cale ferată centralizate electrodinamic, în stațiile radioreleu etc.).

grup motor-generator, agregat format dintr-un motor de antrenare (asincron sau sincron), un generator de curent continuu, o mașină excitatoare și un motor de curent continuu de acționare (fig. 134). Modificarea turației mașinii de lucru se face prin modificarea tensiunii generatorului, la cuplu constant (gama de reglare 8 :1) și prin slăbirea cîmpului motorului la putere constantă, (în gama 2 :1). Acționarea poate funcționa în 4 cadrane și realizează frînarea recuperativă în toată gama de turații a motorului.

Fig. 134

Inversarea sensului de mers se face prin schimbarea sensului curentului de excitație al generatorului. **G.m.g.**, utilizat la acționarea laminoarelor, mașinilor-unelte grele (raboteze, strunguri carusel), instalațiilor de ridicat și transportat (teleferice de persoane,

mașini de extracție miniere), locomotivelor diesel-electrice etc, a început să fie concurat de redresoarele cu tiristoare, față de care are randament mai mic (produsul randamentelor celor trei mașini de puteri apropiate), gabarit mare și necesită întreținere pretențioasă, datorită uzurii colectorului și periilor. Calitățile dinamice ale g.m.g. sînt inferioare acționărilor cu tiristoare, datorită constantei mari de timp a circuitului de excitație a generatorului. Sin. *grup Ward-Leonard.*

grup Ward-Leonard, grup motor-generator.

grupă de conexiuni → transformator.

Guericke, Otto von (1602—1686), fizician, mecanic, matematician, jurist și inginer german. Studii privind magnetismul corpurilor și mișcarea cometelor. În 1633 produce electricitate prin frecare, dovedind că între corpurile electrizate se exercită și forțe de respingere, nu numai de atracție, cum se credea pînă atunci. Inventează (1650) o pompă pneumatică cu care face experiențe asupra vidului, observînd că sunetul nu se propagă în vid, că vidul nu întreține arderea și că animalele mor în vid. În 1654, face celebra experiență cu *emisferele de Magdeburg*, prin care pune în evidență presiunea atmosferică. În 1670 construiește prima *mașină electrostatică*, sub forma unui glob de sulf care se rotește și prin frecare produce scîntei electrice.

gutapercă, substanță obținută din cauciucul natural, asemănătoare cu polietena, fără elasticitate, rezistentă la acțiunea acizilor și apei de mare, utilizată ca izolație la cablurile submarine.

H

h, simbol pentru oră.

h, → **constanta** lui Planck.

H, simbol pentru → **intensitatea cîmpului magnetic.**

H, simbol pentru hidrogen.

H → henry.

Hall, Edwin Herbert (1855—1938), fizician american. Profesor universitar la Harvard. Autor al unor lucrări asupra conductivității electrice și termice a oțelului și asupra proprietăților fizice (termice, electrice, magnetice) ale materialelor conductoare și semiconductoare. În 1879, descoperă efectul ce-i poartă numele (→ *convertor* **H.**), care constă în apariția unui cîmp electric imprimat de natură magnetică într-un conductor sau semiconductor parcurs de curent, aflat într-un cîmp magnetic perpendicular pe direcția curentului.

Heaviside, Oliver (1850—1925), matematician și fizician englez. O surditate progresivă îl obligă, din 1874, să se consacre exclusiv cercetării științifice. În matematici, dezvoltă calculul vectorial și introduce, în 1892, calculul simbolic (calculul operațional), cu multiple aplicații în electrotehnică. Contribuții la studiul rețelelor de curent alternativ și al liniilor telefonice (*condiția* **H.**, $RC = LG$ → *linii lungi*). A emis (independent de A. E. Kennelly și de H. Nagaoka) ipoteza existenței unei pături a atmosferice ionizate, la mare altitudine (80...120 km), care reflectă undele electromagnetice și are un rol important în transmisiile radio la mari distanțe (*stratul* **H.**).

Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von (1821—1894), fizician și medic german. Profesor universitar la Königsberg (azi Kaliningrad, U.R.S.S.), Bonn, Heidelberg și Berlin. A fundamentat matematic și a generalizat principiul transformării și conservării energiei, enunțat de J. R. Mayer, și a introdus noțiunea de energie potențială (1847). Contribuții importante în *hidrodinamică* (ecuațiile mișcării turbionare a fluidelor), *termodinamică* (a introdus noțiunile de energie liberă și legată), *fiziologia* auzului și vederii (a inventat *oftalmoscopul*, aparat de examinare a interiorului globului ocular), *neurologie* (a măsurat viteza de propagare a influxului nervos), *acustică* (a introdus noțiunea de *timbru*, ca o suprapunere de armonici superioare și a pus bazele teoretice ale armoniei), *electricitate* (a arătat caracterul oscilator al descărcării prin scîntei a unui condensator și a interpretat legea electrolizei, afirmînd, în 1881, că sarcina electrică este discontinuă). A generalizat aplicarea principiului minimei acțiuni la fenomene mecanice, termice, electromagnetice și optice.

Henry, Joseph (1797—1878), fizician american. Profesor universitar la Princeton. Lucrări de pionierat în electromagnetism. În 1826 perfecționează electromagnetul (inventat, în 1825, de englezul W. Sturgeon) și construiește motoare cu electromagneți. Descoperă (1832), independent

de M. Faraday, fenomenul de *autoinducție electromagnetică*. A construit diferite tipuri de galvanometre și un telegraf simplu, cu o linie de 1,6 km (1831). Numele său a fost atribuit unității de măsură pentru inductivitate — *henry*.

henry (H), unitate de măsură a inductivității (inductanței) reprezentînd inductivitatea unei bobine (spire) în care se produce un flux magnetic propriu total de 1 Wb, dacă curentul ce o parcurge este de 1 A.

Hertz, Heinrich Rudolph (1857—1894), fizician și inginer german. Profesor la Școala tehnică superioară din Karlsruhe și la Universitatea din Bonn. A devenit celebru prin experiențele în care a pus în evidență *undele electromagnetice* din teoria lui J. C. Maxwell (1887). Cu ajutorul unui aparat de rezonanță *(rezonatorul lui H.)* a captat undele de foarte înaltă frecvență produse de un eclator cu scîntei, realizînd astfel prima instalație de emisie-recepție a undelor electromagnetice. A dovedit că viteza de propagare a undelor electromagnetice este aceeași cu viteza luminii, confirmînd astfel teoria lui Maxwell-Faraday asupra naturii electromagnetice a luminii. În 1887, demonstrează că energia electrică se poate transmite și fără conductoare. A studiat ecuațiile electrodinamicii pentru corpuri în stare de repaus și pentru corpuri în mișcare *(ecuațiile Maxwell-Hertz)*. A cercetat influența radiațiilor ultraviolete asupra descărcărilor electrice, inițiind cercetările asupra fenomenelor fotoelectrice. Contribuții în mecanica teoretică (formularea unor principii ale mecanicii pe baze energetice) și în teoria elasticității. Numele său a fost atribuit unității de măsură a frecvenței — *hertz*.

hertz (Hz), unitate de măsură pentru frecvență, egală cu o perioadă pe secundă. În practică se folosesc și multiplii kHz și MHz. În țările de limbă franceză și engleză se utilizează ciclul pe secundă, 1 c/s = 1 Hz.

heteropolar, cu mai mulți poli de polaritate diferită. Mașină **h.** — mașină la care un pol de o anumită polaritate (de ex., nord) este urmat, în direcția tangențială, de un pol de polaritate opusă (de ex., sud).

hexafazat → **sistem polifazat.**

hexafluorură de sulf, SF_6, gaz cu proprietăți izolante excepționale, folosit atît ca mediu izolator, cît și ca mediu de stingere a arcului electric, la construcția întreruptoarelor și cablurilor de energie.

hidrocentrală → **centrală electrică.**

hidrogen (H), element chimic, la temperatura ambiantă în stare gazoasă; numărul atomic 1; masa atomică 1,00797; punctul de lichefiere 20,4 K la presiunea de 0,1 MPa. **H.** se utilizează ca gaz izolant, la răcirea mașinilor electrice de mare putere și a materialelor supraconductoare sau drept combustibil în pilele cu combustie *(→ convertor electrochimic)*.

hidrogenerator → **mașină sincronă.**

histerezis, fenomen în care dependența unei mărimi fizice de o altă mărime depinde de sensul în care variază variabila independentă (crescător sau descrescător). **H.** se manifestă la polarizarea dielectricilor (dependența dintre inducția electrică D și intensitatea cîmpului electric E) și la magnetizarea corpurilor feromagnetice, în dependența inducției magnetice de intensitatea cîmpului magnetic, $B = f(H)$, care în coordonate rectangulare reprezintă ciclul de **h.** *(→ curba de magnetizare)*. *Ciclul de h.* se obține prin creșterea intensității cîmpului magnetic H din starea de magnetizare nulă la o valoare maximă H_m (curba de primă magnetizare), apoi,

prin scăderea la valoarea minimă $-H_m$ și din nou la H_m (fig. 135). La $H = 0$ inducția magnetică are o valoare determinată ($B = B_r$ și $B = -B_r$), numită *inducție remanentă*; pentru anularea inducției este necesar

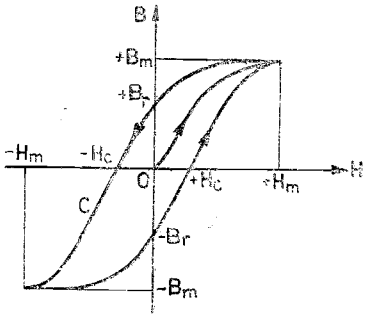


Fig. 135

să se schimbe sensul cîmpului magnetic și să obțină valoarea H_c *(cîmp coercitiv)*. Ciclul de **h.** al materialelor feromagnetice *(→ feromagnetism)* închide o suprafață proporțională cu energia necesară orientării momentelor magnetice elementare, energie care se transformă în căldură și determină *pierderile prin h.*, proporționale cu frecvența de magnetizare alternativă. *H. de comutație* apare la electromagneții releelor, tensiunea la care este atrasă armătura fiind mai mare decît cea la care este eliberată. **H.** se manifestă și la unele instrumente de măsură.

hîrtie electroizolantă, material electroizolant fabricat din celuloza extrasă din lemn sau din plante textile (bumbac, in, iută), prin măcinare, spălare, eliminarea impurităților, uscare și calandrare. **H.e.** se utilizează, aproape exclusiv, impregnată, în diferite sorturi: pentru condensatoare, pentru cabluri, pentru table magnetice, pentru tuburi de protecție, pentru micafoliu și micabandă etc. *H.e. pentru condensatoare* are grosime de 5...10 μm (6...10 g/m²) și se utilizează în mai multe straturi, pentru a se acoperi porii sau eventualele defecte de fabricație. *H.e. pentru cabluri* are rezistență mecanică mare și se impregnează cu ulei. Rigiditatea dielectrică a **h.e.** este de 80...100 kV/cm (prin impregnare, peste 500 kV/cm); permitivitatea relativă 1,5...3 (la **h.e.** impregnată — 4); factorul de pierderi tg $\delta = 0{,}03...0{,}04$.

Hughes, David Edward (1831—1900), inginer american de origine engleză. În 1854, construiește aparatul telegrafic imprimator *(teleimprimatorul H.* brevetat în 1855) la care emițătorul dispune de o claviatură cu 28 de clape (identică cu cea de la mașina de scris), iar receptorul, sincronizat cu emițătorul imprimă literele și semnele direct pe o bandă de hîrtie, cu un mecanism ascunător. În 1878, construiește un microfon cu cărbune, care este folosit în același an de Th. A. Edison la telefonul său cu bobină de inducție. Contribuții în magnetism.

Hurmuzescu, Dragomir (1865—1954), fizician român. Profesor universitar la București, membru corespondent al Academiei R.P.R. Considerat fondatorul învățămîntului superior electrotehnic din România (în 1910, înființează Școala de Electricitate pe lîngă Universitatea din Iași, transformată, în 1913, în Institutul Electrotehnic din Iași). În teza de doctorat, susținută la Sorbona, „Asupra unei noi determinări a raportului „v" între unitățile electrostatice și electromagnetice", publicată în 1897, stabilește cu precizie acest raport, metoda elaborată fiind citată în tratatele de fizică din acel timp. În 1894, inventează *dielectrina*, un izolant din suif și parafină cu calități superioare, cu ajutorul căruia construiește în 1896, un electroscop perfecționat, care-i

poartă numele şi care a fost utilizat de H. Bequerel şi de soţii Pierre şi Marie Curie în experienţele de radioactivitate. În acelaşi an, împreună cu francezul R. J. M. Benoit, descoperă proprietatea razelor X de a ioniza aerul prin care trec. În 1926, a pus în funcţiune, în cadrul Institutului Electrotehnic din Bucureşti, prima staţie experimentală de radiodifuziune din România. Numeroase cercetări de electricitate, radiaţii X, magnetostricţiune, supraconductivitate. A perfecţionat electrometrul şi galvanometrul, a construit un generator de curent continuu la 3 000 V, tensiune care, şi în prezent, pune probleme dificile la maşina de curent continuu. A militat neobosit pentru dezvoltarea industriei şi energeticii în România.

I, simbol pentru → **intensitatea curentului electric** (valoare momentană).

i, simbol pentru protecţie antiexplozivă cu siguranţă intrinsecă.

I, simbol pentru → **intensitatea curentului electric** (valoare efectivă).

I, simbol pentru → **intensitatea luminoasă**.

Iakobi, Boris Semeonovici (1801—1874), fizician rus de origine germană. A făcut prima încercare de acţionare electrică (1834), construind un motor electric alimentat de la o baterie de elemente galvanice, cu care a pus în mişcare o barcă pe Neva. Inventator al galvanoplastiei (1837) şi al unui telegraf imprimator cu claviatură (teleimprimatorul, în 1850). A folosit la liniile telegrafice conducte electrice izolate cu cauciuc şi fixate în tuburi de plumb (1839).

igniter, ignitor.

ignitor, electrod de comandă al unui ignitron. Vîrful de carbură de siliciu al **i.** este cufundat în baia de mercur, care constituie catodul tubului. La aplicarea unei tensiuni între **i.** şi catod (50...200 V) stratul subţire de gaz existent între **i.** şi baia de mercur se străpunge şi, astfel, se amorsează descărcarea în arc din tub. Sin. *igniter*.

ignitron, tub redresor monoanodic cu vapori de mercur (→ *tub ionic*), utilizat la tensiuni şi curenţi mari (sute şi mii de A). Aprinderea **i.** se face cu ajutorul → *ignitorului*; după amorsarea arcului, electrodul de comandă nu mai are nici un rol. Prin întîrzierea la aprindere (→ *comandă pe grilă*) se poate modifica valoarea tensiunii redresate. **I.** se utilizează, mai puţin, ca redresoare (la tensiuni mari, la care căderea de tensiune pe arc, de cca 20 V, nu micşorează prea mult randamentul şi ar fi necesare tiristoare înseriate) şi, mai frecvent, la → *contactoarele statice* de curenţi mari (de ex., la maşinile de sudat în puncte, de putere mare).

iluminare (E), mărime fotometrică egală cu raportul dintre fluxul luminos Φ, primit de o suprafaţă, şi aria A a acestei suprafeţe, $E = \Phi/A$ (*i. medie*); la o distribuţie neuniformă a fluxului luminos, se aplică derivata $E = d\Phi/dA$). **I.** reprezintă densitatea superficială a fluxului luminos. Unitatea de măsură a **i.** în SI este luxul, lx; 1 lx = 1 lumen/m^2. **I.** se măsoară cu → *luxmetrul*. **I.** unei suprafeţe într-un punct P, dată de o sursă punctiformă cu intensitatea luminoasă în direcţia punctului considerat I_α, aflată la distanţa d, este dată de relaţia $E_P = I \cos i/d^2$, unde i este unghiul de incidenţă a razei de lumină (fig. 136). *I. normală* pe suprafeţele utile (*i. medie minimă admisibilă*) are valori dependente de natura activităţii ce se desfăşoară şi de precizia lucrărilor executate (categoria încăperii) şi de contrastul dintre obiectele ce trebuie observate şi fond. De ex., la lucrări de precizie deosebită, cu detalii sub 0,1 mm (mecanică fină) şi contrast mic, pe fond întunecat, $E_{min} = 3\,000$ lx; la lucrări de precizie mică, cu detalii peste 1 mm, $E_{min} = 150$ lx. Normele impun şi *factorii de uniformitate a* **i.**

în planul de lucru E_{min}/E_{max} și E_{min}/E_{med} (cu valori de 0,2...0,3, respectiv 0,4...0,65, în funcție de categoria încăperii).

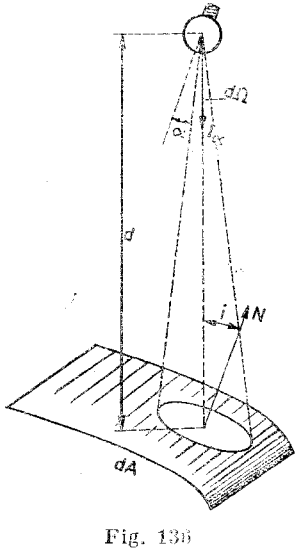


Fig. 136

iluminat electric, tehnica producerii și răspîndirii luminii artificiale produse de surse electrice, în scopul desfășurării activității oamenilor sau în scopuri industriale. I.e. este caracterizat de: iluminarea suprafețelor utile, uniformitatea iluminării și luminanței (strălucirii) în timp și spațiu, culoarea și compoziția spectrală a luminii, factorul de utilizare a fluxului luminos și eficacitatea luminoasă a surselor de lumină. I.e. poate fi *general* (caracterizat de o bună uniformitate a iluminării), *local* sau *combinat* (care asigură iluminări mari, pe suprafețe limitate, cu surse de putere redusă). Sursele de lumină se aleg în funcție de nivelul de iluminare impus, de compoziția spectrală a luminii, de locul de amplasare a corpurilor de iluminat, de condiții de mediu ambiant și de considerente economice. *Lămpile cu incandescență* se folosesc numai la iluminări mici (sub 200 lx), cînd sînt necesare aprinderi și stingeri frecvente, sau cînd este necesară o lumină dirijată *(i.e. local)*. În alte situații, utilizarea lor este nerațională, din cauza eficacității luminoase reduse (8...18 lm/W); lămpile cu halogeni sînt mai eficiente, dar sînt mai scumpe. *Lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune* (cu balon fluorescent) se folosesc la iluminatul exterior și la i.e. al halelor înalte (peste 8 m), deoarece luminanța ridicată a acestor surse, determinată de concentrarea unor puteri mari în volume mici necesită înălțimi mari de amplasare. Ele nu asigură o uniformitate deosebită a iluminării și nu permit redarea culorilor. *Lămpile cu vapori de sodiu* dau rezultate bune în i.e. al halelor înalte cu degajări de praf și fum (de ex., în turnătorii) și în i.e. exterior, deoarece lumina galben-roșiatică a acestor surse pătrunde bine prin fum și ceață. *Lămpile fluorescente* cu vapori de mercur la joasă presiune *(tuburile fluorescente)* sînt cele mai utilizate în i.e. industrial, datorită eficacității luminoase ridicate, luminii difuze și luminanței mici și posibilității de a reda corect culorile într-o gamă largă de nuanțe. *Corpurile de iluminat* se aleg în funcție de modul de răspîndire a fluxului luminos (i.e. direct, semidirect, mixt, semiindirect sau indirect) și de condițiile de mediu. În mediile cu condiții grele de lucru (umiditate, temperaturi ridicate, degajări de praf sau de substanțe chimice corosive, pericol de incendiu sau de explozie) trebuie folosite corpuri de i.e. de construcție specială, etanșe sau antiexplozive. I.e. este realizat cu instalații de i.e. *de lucru* și *de siguranță (de rezervă* și *de evacuare)*. I.e. *de siguranță de rezervă (pentru continuarea lucrului)* se prevede în încăperi în care din cauza acțiunii involuntare a oamenilor la întreruperea alimentării i.e. de lucru, se pot provoca deranjamente sau avarii ale utilajelor, incendii sau explozii, deranjamente în funcționarea centralelor și stațiilor electrice, centralelor telefonice etc., în general, la toate receptoarele de categoria O și 1. I.e. *de siguranță de evacuare* servește la evacuarea în siguranță a persoanelor în caz de pericol și se prevede la ieșirile încăperilor de utilitate publică în care se pot afla mai mult de 100 persoane, în încăperile de trecere, coridoare și pe scări care servesc la evacuarea oamenilor din clădiri (cu peste 50 persoane). În general, i.e. de siguranță necesită sursă independentă de energie electrică (de regulă, baterii de acumulatoare).

imagine, corp cu sarcină electrică *(i. electrică)* sau conductor parcurs de curent *(i. magnetică)*, introduse fictiv într-un cîmp electric (magnetic) cu suprafețe de discontinuitate, în scopul de a suprima aceste suprafețe și de a determina cîmpul într-un mediu omogen și izotrop. Determinarea poziției și a valorii sarcinii (curentului) i. se face din condiția de echivalență a cîmpului din mediul real cu cel din mediul fictiv. Metoda i. se aplică la determinarea cîmpului electric, în electrostatică sau a cîmpului magnetic (staționar, cuasistaționar sau variabil), de ex., pentru calculul inductivității și capacității liniilor electrice.

imagine în complex, reprezentare a unei funcții periodice sinusoidale în planul complex *(→ fazor)*.

imagine Laplace, transformată Laplace.

impedanță (Z), mărime reală și pozitivă egală cu raportul dintre valoarea efectivă U_b a tensiunii alternative aplicată la bornele unui circuit linear, pasiv și valoarea efectivă a curentului I, în regim sinusoidal, $Z = U_b/I = 1/Y = \sqrt{R^2 + X^2} = 1/\sqrt{G^2 + B^2} = R/\cos\varphi = X/\sin\varphi = \cos\varphi/G = \sin\varphi/B$, unde Y este admitanța, R — rezistența, X — reactanța, G — conductanța, B — susceptanța, φ — defazajul dintre curent și tensiune. I. unui circuit cu R, L, C în serie (L — inductivitatea, C — capacitatea) este $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ unde $X_L = \omega L = 2\pi fL$ este reactanța inductivă, $X_C = 1/(\omega C)$ — reactanța capacitivă, f — frecvența, ω — pulsația tensiunii de alimentare. I. are dimensiunile unei rezistențe și se măsoară în ohmi (Ω). *I. complexă*, $\underline{Z}$, este raportul dintre tensiunea aplicată și curent, exprimate în reprezentare complexă, $\underline{Z} = \underline{U}_b/\underline{I} = R + jX = Z\exp(j\varphi)$, unde Z este modulul i. complexe, $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ *(→ fazor)*.

impedanță caracteristică (Z_c), mărime reală și pozitivă caracteristică mediilor de propagare a undelor electromagnetice, egală cu raportul dintre intensitatea cîmpului electric E și intensitatea cîmpului magnetic H, $Z_c = E/H$. Dacă μ este permeabilitatea și ε permitivitatea mediului considerat, $Z_c = \sqrt{\mu/\varepsilon}$; pentru vid, i.e. este $Z_{c0} = \sqrt{\mu_0/\varepsilon_0} = 377\ \Omega$. Dacă mediul considerat are pierderi (prin conducție sau prin histerezis), i.e. se reprezintă în complex. *I.c.a unei linii lungi* este o mărime complexă egală cu raportul $\underline{Z}_c = \sqrt{\dfrac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$, unde R, L, G, C sînt parametrii lineici ai liniei lungi (rezistența, inductivitatea, conductanța și capacitatea unității de lungime a liniei). La liniile fără pierderi și la cele la care este satisfăcută relația $GL = RC$ (condiția lui Heaviside), i.e. este reală și are valoarea $Z_c = \sqrt{L/C}$ *(→ linii lungi)*. Sin. *impedanță de undă*.

impedanță de undă, impedanță caracteristică.

impedanță operațională, mărimea complexă $\underline{Z}(p)$ de variabilă complexă $p = \sigma + j\omega$, care caracterizează o rețea lineară, egală cu raportul dintre transformata Laplace a tensiunii $u(t)$ și a curentului $i(t)$, la condiții inițiale

nule, $\underline{Z}(p) = \mathcal{L}[u(t)]/\mathcal{L}[i(t)]$. **I.o.** a unui circuit serie R, L, C este $\underline{Z}(p) = R + pL + 1/(pC)$, cu $p = j\omega$.

impregnare, umplere a golurilor din izolația cablurilor, condensatoarelor și bobinajelor mașinilor și aparatelor electrice cu ajutorul unor *substanțe de* **i.**, în scopul măririi rigidității dielectrice. La **înfășurările mașinilor electrice**, **i.** mărește rigiditatea mecanică și conductivitatea termică a izolației. Substanțele de **i.** pot fi lacuri, rășini sintetice sau mase de compundare. Înainte de **i.**, izolația trebuie uscată; uscarea se face prin convecție, cu radiații infraroșii sau în vid. *Bobinele maleabile* se impregnează după introducerea lor în crestătură, prin *imersiune*, la presiunea atmosferică sau în vid, sub presiune, la 6...8 at sau la cald, la temperatura de 150°C. După **i.** urmează o nouă uscare, pentru vaporizarea solventului și întărirea lacului și, eventual, o nouă **i.**, pentru umplerea golurilor rămase prin îndepărtarea solventului. *Bobinele rigide* se impregnează cu mase de **i.** sau cu rășini sintetice, înainte de fixarea lor în crestătură. **I. condensatoarelor** se face la cald, după uscarea bobinelor, în curent de aer și apoi în vid. După **i.** bobinele condensatoarelor trebuie ținute în recipiente închise ermetic, în care se pun substanțe higroscopice (silicagel). **I.** învelișului **cablurilor** de energie se face cu substanțe ignifuge, care fac învelișul rezistent la foc; în contact cu flacăra, aceste substanțe formează o crustă sticloasă, greu fuzibilă, care împiedică propagarea focului.

impuls, variație bruscă, de scurtă durată, a unei mărimi (tensiune, curent etc.) între o valoare inițială și o valoare finală, apropiată sau egală cu prima. **I.** de înaltă tensiune și de curent intens se aplică la încercarea materialelor și echipamentelor la șocuri de tensiune și curent. **I.** se mai folosesc în electronica de putere (de ex., la comanda tiristoarelor) și în telecomunicații.

indicator de succesiune a fazelor, aparat de determinare a succesiunii fazelor unui sistem trifazat. *I. de s.a f. rotativ* constă din trei bobine decalate în spațiu cu 120°, care produc un cîmp magnetic învîrtitor atunci cînd sînt alimentate cu curenți trifazici; acest cîmp produce curenți turbionari într-un disc metalic, care, sub acțiunea forțelor electromagnetice se rotește, cu turație mică, în sensul succesiunii fazelor. *I. de s.a f. static*, este un aparat format din patru ramuri cu rezistoare și condensatoare și două tuburi luminescente cu neon; în funcție de succesiunea fazelor (R, S, T sau R, T, S), arde un tub sau celălalt (fig. 137).

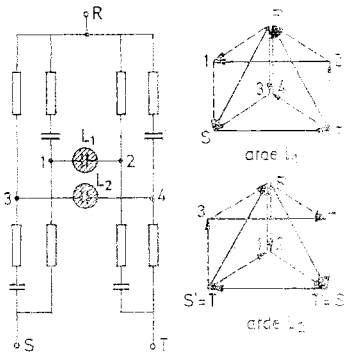


Fig. 137

indicator de tensiune, dispozitiv cu care se stabilește prezența sau absența tensiunii într-o instalație electrică, bazat pe descărcarea electrică într-un tub cu neon rarefiat. Prin atingerea elementului de instalație (conductor, priză, bornă etc.) cu electrodul **i.de t.** se produce amorsarea descărcării în tub, închiderea curentului alternativ se face prin capacitățile față de pămînt (curenți capacitivi). În curent continuu **i.de t.** permite și o evaluare aproximativă

a tensiunii dintre două puncte, după înălțimea coloanei luminoase a tubului. *I.de joasă t.* au forma unui stilou și sînt prevăzute, la un capăt, cu o șurubelniță, care constituie un electrod al tubului; celălalt capăt are un șurub metalic, care trebuie atins cu mîna în timpul încercării. Tensiunile sub 70 V nu sînt sesizate, deci **i.de t.** nu asigură o protecție certă împotriva electrocutării. *I.de înaltă t.*, utilizate în stațiile și posturile de 6 și 15 kV, au forma unor tuburi lungi, izolante, prevăzute cu un ocular; înainte de folosire, **i.de t.** trebuie verificat prin atingerea unei instalații aflate sub tensiune.

indice de încăpere, parametru adimensional folosit la calculul instalațiilor de iluminat interior cu metoda → *factorului de utilizare*, egal cu raportul $(0{,}2l + 0{,}8l)/h$, unde L, l sînt lungimea și lățimea încăperii, iar h — înălțimea de suspendare a corpului de iluminat față de suprafața de lucru.

inductanță, inductivitate.

inductivitate (L), mărime scalară egală cu raportul dintre fluxul magnetic înlănțuit cu un circuit ψ și curentul i care creează acest flux, $L = \psi/i$. Dacă permeabilitatea mediului în care se stabilește cîmpul magnetic este constantă, **i.** nu depinde de curent, ci numai de forma, dimensiunile geometrice și numărul de spire al circuitului; în circuitele feromagnetice (neliniare) **i.** nu este constantă. Dacă o bobină are N spire suprapuse, străbătute de același flux fascicular Φ și $\Lambda = 1/R_m$ este permeanța (R_m — reluctanța magnetică), $\psi = N\Phi$, $L = N\Phi/i = N^2\Lambda$. **I.** proprie se referă la cazul în care fluxul magnetic este produs chiar de curentul din circuitul cu care este înlănțuit, $L_{11} = \psi_{11}/i_1$. *I. mutuală* $L_{12} = \psi_{12}/i_1$ se definește cînd fluxul ψ_{12} înlănțuit cu un circuit 2 este produs de curentul i_1 dintr-un circuit 1, cuplat magnetic cu primul (fig. 138). Dacă mediul este linear, $L_{12} = L_{21}$. Dacă toate spirele sînt îmbrățișate de același flux fascicular, **i.** mutuală este proporțională cu produsul numerelor de spire ale circuitelor cuplate,

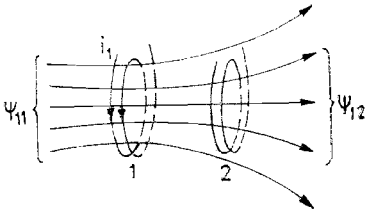


Fig. 138

$L_{12} = N_1N_2\Lambda_{12}$ (Λ_{12} — permeanța reciprocă). În **mașinile electrice** **i.** reprezintă factorii de proporționalitate dintre fluxurile totale și curenții din înfășurări. **I.** unei înfășurări la care se consideră numai înlănțuirea cu fluxul propriu este *i. proprie*; dacă înfășurarea este înlănțuită cu fluxul creat de alte bobine, **i.** este *mutuală*. Fluxul magnetic total produs de o înfășurare se poate descompune în *flux util* și în *flux de scăpări*, $\Phi_{11} = \Phi_u + \Phi_\sigma$ (în general, fluxul util străbate întreiernul mașinii și înlănțuie atît înfășurarea statorică cît și cea rotorică). *I. utilă*, $L_u = N_1\Phi_u/i_1$, se referă la fluxul util; *i.de scăpări (de dispersie)*, $L_\sigma = N_1\Phi_\sigma/i_1$ — la fluxul de scăpări. **I.** utilă, proprie, de scăpări și mutuală sînt legate prin relațiile: $L_u = L_{11} - L_\sigma = L_{12}N_1/N_2$ ($\Phi_u = \Phi_{12}$). Unitatea de măsură a **i.** este *henry*, H. Sin. *inductanță*.

inductivitate ciclică → reactanță utilă.

inductivitate etalon, bobină fără miez de fier, cu inductivitatea constantă și rezistența foarte redusă, independentă de frecvență, între anumite limite, confecționată din conductor lițat, izolat, pe o carcasă de porțelan sau marmură. Se construiesc **i.e.** cu valori cuprinse între 0,1 mH și 10 H.

inductor, parte a unui circuit magnetic avînd rolul de a crea fluxuri magnetice care să producă tensiuni electromotoare prin inducție electromagnetică. La o mașină electrică **i.** poate fi amplasat pe stator (de ex., la mașina de curent continuu), sau pe rotor (de ex., la mașina sincronă). I. alimentat în curent continuu are polii masivi sau lamelați, confecționați din oțel moale; **i.** de curent alternativ (de ex., statorul mașinii asincrone) este confecționat din tole de tablă silicioasă, în scopul micșorării pierderilor prin histerezis și prin curenți turbionari. La unele tipuri de mașini electrice **i.** este format din magneți permanenți. La instalațiile electrotermice de încălzire prin inducție pentru tratamente termice sau deformări plastice la cald, **i.** crează fluxul magnetic variabil în timp, care străbate piesa de încălzit. Datorită densității mari de curent (pînă la 6 000 A/cm²) **i.** se confecționează, de regulă, din țevi de cupru cu secțiuni de diferite profile, prin care circulă apa de răcire. **I.** pentru călire superficială, alimentate la frecvențe medii (2 500 sau 8 000 Hz) sau înalte (70...500 kHz), au una sau mai multe spire și o formă adecvată formei pieselor ce se tratează. **I.** pentru încălzirea în profunzime au spirele izolate, electric, una față de alta, și termic, față de piesele

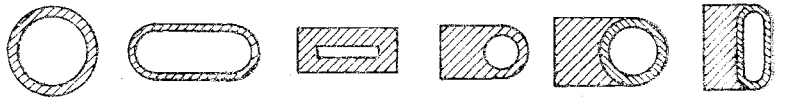


Fig. 139

de încălzit, a căror temperatură poate atinge 1 200°C. **I.** cuptoarelor de inducție cu canal se confecționează din bare de cupru de secțiune dreptunghiulară, răcite cu aerul suflat de un ventilator, sau, mai rar, din țeavă profilată prin care circulă apa de răcire. **I.** este amplasat pe o coloană a circuitului magnetic al cuptorului, asemănător cu al unui transformator. **I.** cuptoarelor de inducție cu creuzet este o bobină cilindrică, într-un singur strat, confecționată din profile goale, de diferite forme (*fig.* 139), prin care circulă apă sub presiune. La o temperatură a apei de răcire de 25°C și o viteză de circulație de 1...1,5 m/s, densitatea de curent poate atinge 20 A/mm². Grosimea peretelui țevii trebuie să fie de cca 1,3 ori → *adîncimea de pătrundere.*

inducție electrică ($\bar{D}$), mărime vectorială de stare care descrie cîmpul electric în corpuri dielectrice, egală cu produsul dintre permitivitatea ε a corpului, considerat izotrop și intensitatea cîmpului electric $\bar{E}$, $\bar{D} = \varepsilon\bar{E}$ (→ *legea legăturii dintre* $\bar{E}$, $\bar{D}$ *și* $\bar{P}$). Sin. *deplasare electrică.*

inducție electromagnetică, fenomenul de producere a unei tensiuni electromotoare într-un circuit electric prin variația în timp a fluxului magnetic care înlănțuie circuitul considerat. A fost descoperit de M. Faraday în 1831. Dacă circuitul este fix față de cîmpul magnetic inductor, i.e. se face *prin transformare* (de ex., la transformator și la unele mașini de curent alternativ); dacă circuitul se deplasează relativ la fluxul magnetic inductor, i.e. se face *prin mișcare* (în particular, prin rotație), cum este cazul, de ex., la mașina de curent continuu. Dacă fluxul magnetic inductor este produs chiar de către curentul din circuitul în care se induce tensiunea, fenomenul se numește *autoinducție.* **I.e.** stă la baza conversiei electromecanice a energiei (→ *legea* **i.e.**).

Inducție electrostatică, influență electrostatică.

inducție magnetică ($\bar{B}$), mărime vectorială de stare care descrie cîmpul magnetic în corpuri, egală cu produsul dintre permeabilitatea magnetică μ a corpului (considerat izotrop, linear și fără magnetizație permanentă) și intensitatea cîmpului magnetic $\bar{H}$, $\bar{B} = \mu\bar{H}$ (→ *legea legăturii dintre* $\bar{B}$, $\bar{H}$ *și* $\bar{M}$). Integrala de suprafață a **i.m.** este fluxul magnetic, $\Phi = \int_S \bar{B}\,\overline{ds}$. Unitatea de măsură a **i.m.** este *tesla*, $1\ T = 1\ Wb/m^2$.

indus, parte a unui circuit magnetic în care se produc tensiuni electromotoare induse de cîmpul magnetic al inductorului. La mașinile electrice **i.** poate fi amplasat pe stator sau pe rotor. În general, **i.** este sediul unor curenți alternativi, motiv pentru care miezul său feromagnetic se confecționează din tole de tablă silicioasă, izolate, în scopul micșorării pierderilor în fier (cu excepția unor mașini speciale, de ex., mașina unipolară, la care tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea **i.** este continuă).

industrie electrotehnică, ramură a industriei constructoare de mașini care se ocupă cu producția de echipamente electrice (mașini și aparate electrice, materiale electrotehnice și componente de circuit, articole electrotehnice de larg consum, lămpi electrice, cuptoare electrice, instalații electrotermice etc.). Practic inexistentă înainte de anul 1944 **i.e.** *românească* a atins în prezent un înalt grad de dezvoltare tehnică și de diversificare a produselor. Echipamentele electrice fabricate în țară asigură pe deplin cerințele interne, o mare parte fiind solicitate la export. Principalele întreprinderi (I) producătoare de echipament electric sînt: I. Electroputere Craiova (mașini electrice și transformatoare de mare putere, aparate de înaltă tensiune, transformatoare de măsură, locomotive electrice și diesel-electrice); Uzina Constructoare de Mașini Reșița (generatoare sincrone și motoare de mare putere, turbine hidraulice); I. Electromotor Timișoara; I. Electroprecizie Săcele; I. de Mașini Electrice București; I. de Motoare Electrice Pitești; I. de Transformatoare și Motoare Electrice Filiași; I. Electrotehnica București (mutatoare pentru acționări electrice, redresoare pentru electroliză, transformatoare de sudare etc.); I. de Piese Radio și Semiconductoare (IPRS) Băneasa (componente electronice, diode de putere, tiristoare, triacuri); I. de Produse Electronice și Electrotehnice Electroargeș Curtea de Argeș (condensatoare, rezistoare, potențiometre); I. Conect București (conectoare); I. Electromagnetica București (relee și instalații de telecomunicații); I. Electroaparataj București, I. Electrocontact Botoșani, I. de Aparate Electrice Titu (aparate electrice de joasă tensiune); I. de Aparataj Electric Auto și Motoare Electrice Sfîntu Gheorghe (Covasna); I. de Izolatoare Electrice Tîrgu Secuiesc; I. Electroceramica Turda; I. de Cabluri și Materiale Electroizolante București (condensatoare de putere); I. de Celule Electrice Prefabricate Băilești; I. de Panouri și Tablouri Electrice Alexandria; I. de Aparate Electrice de Măsură și Industriale (IEMI) București; I. de Aparate Electrice de Măsurat (IAEM) Timișoara; I. de Aparate de Măsură și Control (IAMC) Otopeni; I. Electrotimiș (scule și matrițe pentru i.e.); I. Electrobanat Timișoara (elemente galvanice uscate, corpuri de iluminat); I. Electromureș Tîrgu Mureș (aparate electrice de uz casnic); I. Steaua Electrică Fieni (lămpi electrice cu incandescență); I. de Cinescoape București (lămpi fluorescente); I

Acumulatorul București, I. de Produse Electrotehnice Bistrița (acumulatoare). Dintre realizările de prestigiu ale i.e. românești se pot enumera: autotransformatorul de 400 MVA, 400 kV; turbogeneratoarele de 330 MW; hidrogeneratoarele de 200 MVA (instalate la hidrocentrala Porțile de Fier); acționarea electrică cu mutatoare a strungului carusel de 16 m; metroul din București etc. România participă activ în organismul INTERELECTRO al Comisiei Economice de Ajutor Reciproc (CAER), instituție internațională de cercetare și standardizare în i.e., la Comisia Electrotehnică Internațională (IEC), la Organizația Internațională de Standardizare (ISO).

inel de gardă, inel de protecție.

inel de protecție, armătură folosită la unele aparate de înaltă tensiune (de ex., la extremitățile lanțurilor de izolatoare) pentru a influența repartiția cîmpului electric între părțile conductoare și a proteja suprafața izolatorului în caz de străpungere. Sin. *inel de gardă.*

inel de scurtcircuitare, inel conductor care scurtcircuitează barele coliviei motorului asincron sau barele de pornire în asincron (de amortizare) a mașinii sincrone. În cazul barelor de aluminiu, i. se toarnă sub presiune odată cu barele; la barele de cupru, îmbinarea se face prin sudare.

inele colectoare, ansamblu de inele conductoare, izolate între ele și față de arborele pe care sînt montate, la care se leagă extremitățile unei înfășurări mobile (dispuse pe rotor), pentru a putea fi legate, prin intermediul unor perii, la circuitele exterioare. La mașinile sincrone prin i.e. se alimentează în curent continuu înfășurarea de excitație a rotorului; la motoarele asincrone cu rotor bobinat prin i.e. se face legătura la reostatul de pornire sau de modificare a turației. Unele motoare asincrone cu reostat de pornire sînt prevăzute cu dispozitive de scurtcircuitare a i.e., care realizează concomitent și ridicarea periilor, în scopul micșorării pierderilor mecanice prin frecarea periilor de i.e.

influență electrostatică, fenomen de separare a sarcinilor electrice pe un conductor neutru izolat, respectiv de modificare a repartiției sarcinilor electrice pe un conductor încărcat izolat, sub acțiunea unui cîmp electric exterior. Sarcinile separate prin i.e. creează un cîmp electric propriu, de intensitate egală și de semn contrar cu intensitatea cîmpului electric, care ar exista în interiorul corpului în absența lor (condiția de echilibru electrostatic). I.e. produsă de instalațiile de înaltă tensiune poate determina apariția unor tensiuni periculoase, față de pămînt, în obiectele metalice aflate în cîmpul lor electric. O i.e. importantă exercită linia de contact monofazată (25 kV), la care tensiunile față de pămînt ale obiectelor conductoare din zona de influență (distanță sub 10 m față de firul de contact) pot să atingă sute de V. Dacă C_{12} este capacitatea dintre conductorul aflat sub tensiune și cel influențat și C_{20} — capacitatea acestuia față de pămînt, tensiunea care apare prin i.e. în conductorul 2 este (fig. 140) $U_2 = U_1 C_{12}/(C_{12}+C_{20}) \approx U_1 C_{12}/C_{20}$, ($C_{20} \gg C_{12}$). Dacă o persoană cu rezistența R_h corpului (în general,

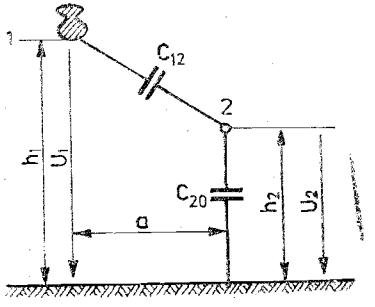


Fig. 140

mult mai mică decît reactanța capacitivă (ωC_{20}) atinge conductorul influențat, prin ea se închide la pămînt un curent de descărcare $I_h \approx U_2 \omega C_{20}$ cu atît mai mare, cu cît este mai mare capacitatea C_{20}, deci lungimea de paralelism între cele două conductoare. Principala măsură de protecție față de tensiunile apărute prin i.e. o constituie legarea la șină a tuturor obiectelor metalice; această măsură este foarte importantă la executarea de lucrări la firul de contact deconectat al unei căi ferate duble, în timp ce cealaltă linie de contact se află în funcțiune. Sin. *inducție electrostatică.*

influență electromagnetică, fenomen de apariție a unor tensiuni, perturbatoare sau periculoase, în conductoarele paralele cu o instalație de curent alternativ, parcursă de curenți intenși, prin inducție electromagnetică. Liniile monofazate (de ex., linia de contact) exercită o i.e. mult mai mare decît cele trifazate în regim echilibrat, la care cîmpul magnetic exterior este practic nul. I.e. asupra unui conductor paralel cu firul de contact pe o lungime l determină apariția tensiunii electromotoare $U_e = k\omega L_{12} I l$, unde L_{12} este inductivitatea mutuală dintre linia de contact și conductorul influențat, pe unitatea de lungime, H/m; I — curentul în linia de contact; ω — pulsația curentului; k — coeficient subunitar ce ține seama de ecranarea produsă de șine, curentul din șine inducînd o tensiune de semn contrar. Scoaterea liniilor de telecomunicații, paralele cu calea ferată electrificată, de sub i.e. se face prin introducerea lor în cabluri subterane. Protecția împotriva i.e. se poate face prin legarea la șină a conductorului influențat, iar diminuarea ei, prin micșorarea curenților vagabonzi, în scopul măririi ecranării produse de șine (eventual, utilizarea transformatoarelor sugătoare).

instalație electrică, totalitatea conductelor și echipamentului electric, avînd o funcție determinată în producerea, transportul, distribuția sau utilizarea energiei electrice. *I.e. de utilizare* (la consumator) cuprind *rețele de alimentare,* care pleacă de la barele de joasă tensiune ale posturilor de transformare pînă la punctele de distribuție (tablouri, cutii de bare) și *rețele de distribuție,* conectate la receptoarele individuale. I.e. au circuite distincte pentru receptoarele de forță (de regulă cîte un circuit pentru fiecare receptor) și pentru receptoarele de iluminat. *I.e. de forță* pot fi *radiale,* cu alimentarea receptoarelor de la tablouri de distribuție prin cabluri sau conducte în tuburi de protecție, sau *cu linii principale,* în cutii de → *bare* capsulate. *I.e. de iluminat,* pentru iluminatul de lucru, se alimentează printr-o cutie de branșament, dacă postul de transformare nu este inclus în clădire. Tablourile de lumină industriale pot fi alimentate de la tabloul de forță sau de la cutia de distribuție, în cazul liniilor principale. Tabloul pentru iluminatul de siguranță (de evacuare) se alimentează printr-un circuit legat înaintea întreruptorului general de joasă tensiune. Sarcinile maxime pe circuitele de lumină și de prize sînt prescrise de norme; se recomandă ca încărcarea circuitului să nu necesite secțiuni de conductoare mai mari de 2,5 mm². Planurile i.e. de iluminat se întocmesc pe desene de construcții simplificate, pe care sînt arătați pereții, ferestrele și ușile, traseele și tipul conductelor, materialul, secțiunea, modul de instalare, numărul, tipul și înălțimea de suspendare a corpurilor de iluminat, poziția prizelor, codurile aparatelor de comutație și de protecție. Cel mai răspîndit mod de instalare a conductelor i.e. interioare este sub tencuială (conducte *intenc* sau conducte izolate trase în tuburi de protecție). Traseele conductelor trebuie să fie orizontale sau verticale (trasee oblice se admit numai în plafoane). Materialele și aparatele utilizate în i.e. se aleg în funcție de condițiile de

mediu ambiant (încăperi uscate, umede, cu temperaturi ridicate, cu agenți corosivi etc.) și de pericolul de incendiu sau de explozie.

instalații electrotermice, instalații folosite la transformarea energiei electrice în căldură (→ *electrotermie*).

instrument electric de măsurat, sistem compact de piese folosit la măsurarea mărimilor electrice, magnetice sau a mărimilor neelectrice pe cale electrică, după principii de măsurare analogice. (Termenul aparat de măsurat se folosește, îndeosebi, pentru sistemele mai complexe, cum sînt cele care funcționează pe principii numerice, în timp ce **i.e.de m.** se referă, de regulă, la sistemele de măsurat cu scară gradată, de construcție mai simplă și fără accesorii complexe). **I.e.de m.** cuprinde într-o carcasă comună dispozitivul de măsurat, format dintr-un echipaj fix și unul mobil, dispozitivul de producere a cuplului rezistent, corectorul de zero, amortizorul și dispozitivul de citire. După felul echipajelor, a căror interacțiune în prezența semnalului de măsurat determină deplasarea indicatorului, se deosebesc următoarele tipuri de **i.e.de m.**: *I.e. de m. magnetoelectrice*, întîlnite, frecvent, ca ampermetre și voltmetre, folosesc cîmpul magnetic produs de un magnet permanent, între ale cărui piese polare se poate roti o bobină, cu spire de cupru de 0,015...0,3 mm diametru, amplasată pe un cadru ușor de aluminiu și fixată pe un miez cilindric feromagnetic (fig. 141). Asupra conductoarelor bobinei, parcurse de curentul de măsurat și aflate în cîmpul magnetic radial și omogen al magnetului permanent, se exercită forțe electromagnetice care dau cuplul activ al i., $M_a = BSnI$ (S — suprafața bobinei, n — numărul de spire, B — inducția magnetică, I — curentul prin bobină). Curentul se aduce la bobina mobilă prin resoarte spirale, care dau și cuplul rezistent, proporțional cu unghiul de deviație, $M_r = k\alpha$. Echipajul mobil deviază pînă ce cuplul rezistent egalează cuplul activ, iar deviația este proporțională cu intensitatea curentului, $\alpha = BSnI/k = S_I I$, unde S_I este *sensibilitatea* dispozitivului față de curent. Curenții turbionari induși în cadrul de aluminiu,

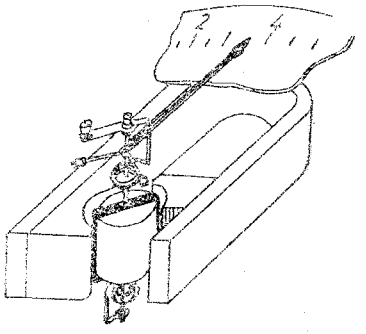


Fig. 141

pe care se află bobina, au efect de amortizare. **I.e. de m.** magnetoelectrice moderne nu mai folosesc magneți în formă de potcoavă, ci magneți scurți, din materiale magnetice dure, cu mare cîmp coercitiv. Cele mai mici gabarite le au **i.e. de m.** magnetoelectrice cu magnet sub formă de miez cilindric, magnetizat după diametru și amplasat în interiorul bobinei mobile; circuitul magnetic este închis cu ajutorul unui cilindru exterior de oțel moale, prevăzut cu piese polare, care asigură și o protecție față de cîmpurile magnetice exterioare. **I.e. de m.** magnetoelectrice se construiesc pentru curenți prin bobină de 10 μA...20 mA și au un consum propriu de 1 μW...1 mW. Clasa de precizie poate ajunge la 0,1. Dezavantajul dispozitivelor magnetoelectrice este că funcționează numai în curent continuu, iar supraîncărcarea lor provoacă pierderea elasticității resoartelor spirale sau chiar arderea acestora. Pentru măsurători în curent alternativ se folosesc **i.e. de m.** magnetoelectrice cu redresor, care la **i.e. de m.** cu mai multe domenii de măsurare se

conectează în ramura aflată în paralel cu șunturile. *I.e. de m. magnetoelectrice cu ac magnetic* și bobină fixă se bazează pe interacțiunea dintre cîmpul magnetic al unei bobine parcurse de curentul de măsurat și un ac magnetic ce se poate roti în interiorul său. Cuplul rezistent este dat de un al doilea magnet, aflat într-un cîmp magnetic constant. Datorită cîmpului magnetic redus, se impun măsuri severe de ecranare față de cîmpurile exterioare. Aceste **i.e. de m.** sînt mai robuste și mult mai ieftine decît cele cu bobină mobilă (în special, din cauza lipsei resoartelor spirale), dar nu pot funcționa decît în curent continuu. Au clasa de precizie de 1...1,5 și se folosesc în special, pe autovehicule, avioane etc. *I.e. de m. electromagnetice* (feromagnetice) se bazează pe interacțiunea dintre cîmpul magnetic al unei bobine fixe, parcurse de curentul de măsurat și una sau mai multe piese feromagnetice, aflate în cîmpul magnetic. Se construiesc în două variante. Varianta mai veche (dispozitiv electromagnetic *cu atracție*) are o bobină fixă plată, al cărei cîmp magnetic atrage în interior o piesă (paletă) de oțel moale (fig. 142). Cuplul rezistent este

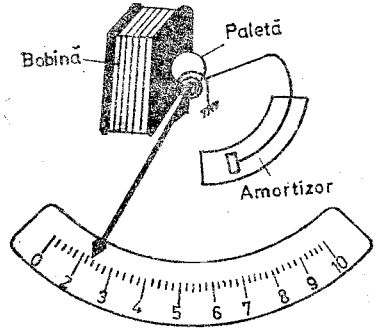


Fig. 142

dat de resoarte spirale, iar amortizorul este cu aer. Varianta mai nouă (dispozitiv electromagnetic *cu repulsie*) posedă o bobină cilindrică, în interiorul căreia se află două palete feromagnetice, una fixă E_1 și una mobilă E_2 (fig. 143). Cîmpul magnetic al bobinei determină forțe de respingere între paletele magnetizate în

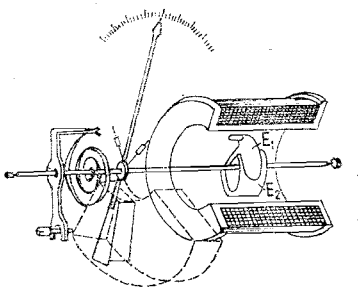


Fig. 143

același sens. Cuplul activ, proporțional cu pătratul curentului, $M_a = kI^2$ este echilibrat de cuplul rezistent dat de resoarte spirale. Construcția acestor aparate este simplă și robustă, bobina poate fi supraîncărcată, motiv pentru care sînt cele mai răspîndite **i.e. de m.** industriale. Clasa de precizie este de 1,5, consumul propriu 0,1...1 W, curenți de la 50 mA la sute de A, tensiuni de la 1 V la 100 V. Instrumentele de precizie, cu spot luminos și cu ecranare față de cîmpurile exterioare pot avea clasa 0,1 și consumul propriu de 0,01 W. Se utilizează cu precădere în curent alternativ, deoarece indică direct valoarea efectivă; în curent continuu precizia este mai redusă din cauza histerezisului pieselor feromagnetice. Frecvența este limitată la cca 100 Hz din cauza curenților turbionari din paletele feromagnetice. *I.e. de m. electrodinamice* se bazează pe interacțiunea dintre două sau mai multe bobine parcurse de curent. **I.e.d.m.** electrodinamice cu circuit feromagnetic *(i.e. de m. ferodinamice)* au o construcție asemănătoare cu a celor magnetoelectrice, cu diferența că în loc de magnet permanent, cîmpul magnetic este creat de o bobină fixă

amplasată pe un miez feromagnetic. Cuplul activ este $M_a = kI_1I_2$ (în curent continuu) și $M_a = kI_1 I_2 \cos\varphi$, în care I_1, I_2 sînt curenții din bobina fixă și din cea mobilă, iar φ — unghiul de defazaj dintre ei. **i.e.de m.** electrodinamice de precizie sînt fără piese feromagnetice, ceea ce le permite să funcționeze pînă la frecvențe de ordinul kiloherților, dar au consumuri proprii mai mari decît cele ferodinamice. Se folosesc, frecvent, ca watimetre; bobina fixă este de curent, bobina mobilă, de tensiune. Printr-o defazare cu 90^0 a tensiunii aplicate bobinei mobile, se pot utiliza la măsurarea puterii reactive (varmetre). Conectarea în serie a celor două bobine se aplică aparatelor de precizie de curent alternativ (ampermetre și voltmetre cu clasa de 0,1). *Instrumentele de inducție* se bazează pe interacțiunea cîmpului magnetic alternativ produs de una sau mai multe bobine și curenții de inducție produși de acest cîmp în echipajul mobil conductor, de regulă un disc de aluminiu (→ *contor electric*). *Instrumentele electrostatice* se bazează pe forțele electrostatice exercitate între două armături metalice, una fixă și alta mobilă, între care există o diferență de potențial (→ *electrometru*). *Instrumentele termice* se bazează pe dilatarea unui fir încălzit de curentul de măsurat care îl străbate. *Instrumentele cu termocuplu* măsoară, cu un sistem magnetoelectric, tensiunea termoelectromotoare a unui termocuplu încălzit de curentul de măsurat. *Instrumentele cu lamele vibrante* folosesc rezonanța unor lamele la o anumită frecvență (→ *frecvențmetru*). Simbolurile care arată principiul de funcționare a **i.e.de m.** sînt date în anexa 2. Sin. *aparat de măsurat*.

instrument etalon, etalon.

integrală de linie a unui vector, integrala produsului dintre componenta tangențială a vectorului pe curba de integrare și elementul de linie de pe curbă, $\int_A^B V_t \mathrm{d}l = \int_A^B V \mathrm{d}l \cdot \cos(\bar{V}, \overline{\mathrm{d}l}) = \int_A^B \bar{V}\,\overline{\mathrm{d}l}$ (integrala produsului scalar dintre vectorul considerat și elementul de linie orientat). **I.de l.a. v.** intensitate a cîmpului electric, pe o curbă care unește două puncte A, B, reprezintă diferența de potențial dintre cele două puncte, $\int_A^B \bar{E}\,\overline{\mathrm{d}l} = U_{AB}$.

integrală de suprafață a unui vector, integrala produsului dintre componenta normală a vectorului pe suprafața ce conține punctul său de aplicație și elementul de suprafață, $\int_S V_n \,\mathrm{d}A = \int_S V \,\mathrm{d}A \cdot \cos(\bar{V}, \overline{\mathrm{d}A}) = \int_S \bar{V}\,\overline{\mathrm{d}A}$, reprezentînd fluxul vectorului prin acea suprafață.

intensitate a cîmpului electric ($\bar{E}$), mărime vectorială de stare a cîmpului electromagnetic, egală cu forța $\bar{F}$ ce se exercită asupra unității de sarcină electrică, $\bar{E} = \bar{F}/Q$. Într-un cîmp electric potențial divergența **i.e.e.** este egală cu densitatea de sarcină electrică ρ raportată la permitivitatea ε_0, $\mathrm{div}\,\bar{E} = \rho/\varepsilon_0$, rotorul este nul, $\mathrm{rot}\,\bar{E} = 0$, **i.e.e.** se exprimă ca gradient cu semn schimbat al potențialului electric, $\bar{E} = -\,\mathrm{grad}\,V$, $\oint \bar{E}\,\overline{\mathrm{d}l} = 0$. În vid, **i.e.e.** produs la distanța R de o sarcină punctiformă Q este $\bar{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{R^2}\frac{\bar{R}}{R}$. Într-un cîmp omogen, de ex., între plăcile unui condensator plan aflate la distanța d și încărcate la tensiunea U, **i.e.e.** $E = U/d$ și este orientată de la placa încărcată cu sarcină pozitivă la cea cu sarcină negativă. Într-un cîmp neomogen **i.e.e.** poate fi exprimată prin densitatea liniilor de cîmp; în dreptul curburilor cu rază mică ale corpurilor, liniile de cîmp se îndesă și **i.e.e.** obține valori foarte mari, ceea ce poate produce ionizarea și apariția descărcărilor electrice (→ *efect corona*). *I.e.e. imprimat* → *cîmp electric imprimat*. *I.e.e. indus* → *inducție electromagnetică*. Unitatea de măsură a **i.e.e.** este V/m.

intensitate a cîmpului magnetic ($\bar{H}$), mărime vectorială de stare a cîmpului electromagnetic, care ține seama numai de cîmpul magnetic al curenților de conducție, definită de relația $\oint_\Gamma \bar{H}\,\overline{\mathrm{d}l} = IN$ (→ *legea circuitului magnetic*), în care IN reprezintă solenația curenților înlănțuiți cu conturul de integrare Γ (tensiunea magnetomotoare). În corpuri izotrope vectorii **i.e.m.**, $\bar{H}$, și ai inducției magnetice, $\bar{B}$, sînt coliniari. **I.e.m.**, produs de un conductor rectiliniu parcurs de curentul I, la distanța r, este $H = I/(2\pi r)$, sensul vectorului $\bar{H}$ fiind dat de regula burghiului. **I.e.m.** în centrul unei spire parcurse de curentul I, este $H = I/(2R)$, R fiind raza spirei. **I.e.m.** în axa unui tor, cu raza interioară r_1 și raza exterioară r_2, pe care sînt înfășurate, uniform, N spire parcurse de curentul I, este $H = \frac{NI}{\pi(r_1 + r_2)}$. Unitatea de măsură a **i.e.m.** este A/m.

intensitate a curentului electric (I), mărime scalară, care caracterizează regimul electrocinetic, egală cu debitul de sarcină electrică printr-o suprafață (cantitatea de electricitate ce străbate conductorul în unitatea de timp), $I = \mathrm{d}Q/\mathrm{d}t$. **I.e.e.** este fluxul densității de curent prin suprafața conductorului, $I = \int_S \bar{J}\,\overline{\mathrm{d}A}$ (→ *curent electric*, → *asocierea sensurilor pozitive*). Unitatea de măsură a **i.e.e.** este *amperul*, A. Sin. *curent*.

intensitate luminoasă (I), mărime fotometrică referitoare la densitatea spațială a fluxului luminos, emis de o sursă de lumină într-o anumită direcție, egală cu raportul dintre fluxul luminos $\mathrm{d}\Phi$, emis într-un unghi solid elementar în jurul direcției date, și valoarea $\mathrm{d}\Omega$ a acelui unghi, $I = \frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}\Omega}$ (sursa de lumină se consideră punctiformă). Unitatea de măsură a **i.l.** este *candela*, cd.

interconectarea sistemelor energetice, legare a unor sisteme energetice, care funcționau independent, prin linii de înaltă tensiune, în scopul măririi eficienței tehnico-economice. În sistemele interconectate consumatorii pot fi alimentați de la mai multe centrale, ceea ce mărește siguranța în funcționare. Prin **i.s.e.** se obțin următoarele avantaje: 1) Posibilitatea concentrării unor puteri mari în centrale amplasate în bazine carbonifere sau pe rîuri cu potențial hidroenergetic, pentru reducerea costului puterii instalate și a energiei produse și repartizarea energiei electrice pe teritorii întinse; reducerea puterii de rezervă din centrale; posibilitatea funcționării grupurilor din centrale în regimul cel mai economic. 2) Aplatizarea curbei de sarcină este mai bună decît la sistemele individuale, deoarece vîrfurile de sarcină nu mai sînt simultane. 3) Repartiția puterii între centrale se poate optimiza, încît costul de producție și de transport al energiei electrice să fie minim. 4) Calitatea energiei furnizate este mai bună la sistemele interconectate, existînd mai multe posibilități de reglare a tensiunii și frecvenței, principalii indicatori de calitate a energiei electrice. 5) Funcționarea sistemului energetic se dirijează dintr-un singur punct (→ *dispecer energetic*).

intrare, parte a unui circuit sau a unei rețele pe unde puterea este transmisă din exterior înspre acel circuit (acea rețea).

invar → **bimetal.**

inversiune complexă, metodă de studiu a circuitelor de curent alternativ, folosită la stabilirea diagramelor loc geometric în planul complex (de ex., → *diagrama cercului*). Sin. *inversiune fazorială.*

inversiune fazorială, inversiune complexă.

inversor de mers, dispozitiv folosit la schimbarea sensului de rotație a motorului electric care acționează o mașină de lucru sau un vehicul.

invertor, mutator care transformă tensiunea continuă în tensiune alternativă, permițînd transferul energiei de la o sursă de curent continuu la o rețea de curent alternativ, fără a trece prin altă formă intermediară de energie (de ex., energie mecanică). **i.** utilizează elemente neliniare de circuit (de ex., exciroane, ignitroane, tiratroane, tranzistoare sau tiristoare) și s-au dezvoltat, în special, odată cu extinderea utilizării electronicii de putere. Există următoarele tipuri de **i.**: 1) *I. cu comutație naturală, de la rețea (i. neautonome)* sînt → *redresoare* comandate, la care se schimbă sensul transferului de energie. Regimul de **i.** apare cînd unghiurile de comandă a tiristoarelor au astfel de valori, încît mutatorul are o tensiune redresată de valoare medie negativă, mai mică decît tensiunea electromotoare a sursei de curent continuu. Trecerea redresorului comandat în regim de **i.** se poate urmări cu ajutorul fig. 144. Prin mărirea unghiului de comandă α, curentul motorului alimentat de redresor scade, scăzînd și cuplul dezvoltat și turația sa. Dacă după oprirea motorului, acesta este antrenat din exterior în sens invers, trecînd în regim de generator, sensul tensiunii electromotoare se schimbă. Comandînd tiristorul cu unghiuri mari, pentru care tensiunea redresată are o valoare medie negativă mai mică decît tensiunea electro-

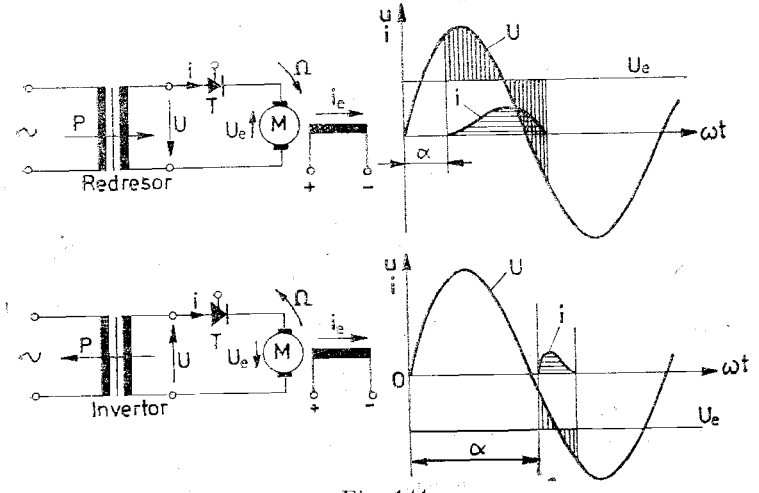


Fig. 144

motoare a generatorului, redresorul trece în regim de invertor, curentul prin ventile se închide împotriva tensiunii de la bornele transformatorului, iar transformatorul va ceda energie rețelei. Încărcarea generatorului se face prin micșorarea unghiului de comandă α. În acest fel se realizează frînarea cu recuperare, la inversarea sensului de rotație a motorului (de ex., la acționarea unei instalații de ridicat, la coborîrea sarcinii). Trecerea în regim de **i.** este posibilă și prin menținerea sensului de rotație (de ex. la locomotivele electrice cu tiristoare), prin schimbarea sensului curentului de excitație sau a curentului prin indus, la coborîrea unei pante, pentru a se frîna cu recuperare de energie. Numai redresoarele „complet comandate", cu tiristoare în toate brațele punții, pot funcționa în regim de **i.** Un deranjament grav al **i.**, caracterizat de curenți mari de scurtcircuit, este aprinderea inversă (→ *basculare a i.*), care apare atunci cînd curentul nu este comutat ciclic către ventilul următor (la scăderea tensiunii rețelei, supraîncărcarea mutatornlui sau la unghiuri insuficiente de restabilire a proprietăților de comandă a ventilelor). 2) *I. cu comutație naturală, de la sarcină* sînt *i. autonome* (pot funcționa fără a fi conectate la o rețea de curent alternativ) și au sarcina în serie sau în paralel cu un condensator de comutație, formînd un circuit oscilant. Curentul de sarcină are o variație aproape sinusoidală și trece, în mod natural, prin valoarea zero. Schema unui **i.** de tip *serie*, cu două tiristoare, este prezentată în fig. 145. Prin comandarea tiristorului

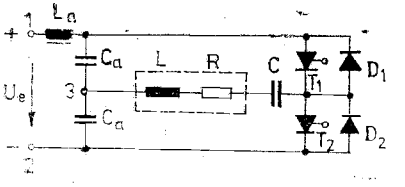


Fig. 145

T_1, la momentul t_1, prin circuitul de sarcină se închide un curent alternativ, de frecvență $f = \omega/(2\pi)$, unde ω este frecvența de oscilație proprie a circuitului ($\omega = \sqrt{1/(LC) - [R/(2L)]^2}$), considerat foarte puțin amortizat ($R^2 \ll 4L^2\omega^2$, $R < 2\sqrt{L/C}$). În momentul t_2 curentul scade la zero și tiristorul T_1 se blochează. Dioda de descărcare D_1 permite închiderea în continuare a curentului de sarcină în sens invers. La momentul t_3 se comandă T_2, care preia curentul în sens invers și aplică circuitului oscilant tensiunea inversă a sursei. După trecerea prin zero a curentului, conduce dioda D_2 ș.a.m.d. Timpul $t_0 = t_3 - t_2$ trebuie să fie mai mare decît timpul de revenire a tiristoarelor, pentru ca acestea să-și recapete proprietățile de comandă (la tiristoarele rapide, acest timp este de 10...20 μs, pe cînd la tuburile ionice este de cca 100 μs). **i.** cu comutație de la sarcină au avantajul că pot funcționa la frecvențe mari (de ordinul kHz), necesare de ex., la încălzirea prin inducție, au un curent aproape sinusoidal, iar scurtcircuitarea sarcinii nu avariază **i.** deoarece oscilațiile încetează; în schimb, frecvența depinde de valoarea sarcinii. 3) *I. cu comutație forțată (proprie)*, sînt *i. autonome*, care, spre deosebire de **i.** cu comutație naturală, la care puterea reactivă necesară procesului de comutație se ia de la rețeaua de curent alternativ sau de la sarcină, au nevoie de un sistem propriu de comutație (tensiune dată de un condensator sau de o sursă auxiliară de tensiune alternativă). Aceste **i.** pot furniza la ieșire tensiuni alternative de frecvență reglabilă, în general, cu un mare conținut de armonici superioare și se utilizează fie ca surse de rezervă, fie la mutatoarele cu circuit intermediar de curent continuu, de frecvență variabilă. Schema de principiu a unui **i.** monofazat cu comutație forțată este prezentată în

fig. 146. Impulsurile de comandă aplicate tiristoarelor T_1 și T_2 au o frecvență egală cu frecvența ce trebuie obținută la ieșirea **i.** și sînt defazate cu 180°. Dacă, de ex., la un moment dat conduce tiristorul T_1, trece curent

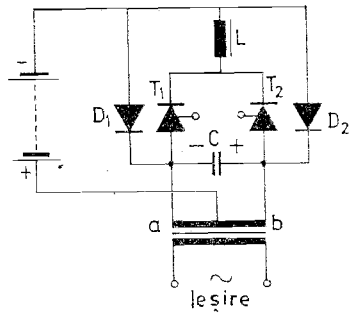


Fig. 146

prin jumătatea *a* a înfășurării transformatorului și condensatorul de comutație *C* se încarcă cu polaritatea indicată pe figură. Peste o jumătate de perioadă se comandă tiristorul T_2, care intrînd în conducție aplică tensiunea condensatorului pe T_1, polarizîndu-l invers și blocîndu-l. Curentul trece acum prin jumătatea *b* a înfășurării primare și încarcă condensatorul cu polaritate opusă, pregătindu-l pentru comutația următoare. Bobina *L* are rolul de a limita curentul luat de la baterie în procesul comutației, iar diodele de curent reactiv (de întoarcere), D_1 și D_2, absolut necesare la sarcini inductive, asigură circulația energiei în ambele sensuri (închiderea curentului reactiv, de sens contrar tensiunii) și limitează supratensiunile ce apar la blocarea tiristoarelor, scurtcircuitînd înfășurarea transformatorului prin sursa de curent continuu. **I.** utilizate la mutatoarele cu circuit intermediar de curent continuu pot fi *i. de tensiune*, cu condensator de capacitate mare de filtrare la ieșirea redresorului, sau *i. de curent*, cu bobină de inductivitate mare de netezire în circuitul curentului continuu. Sin. *ondulor*.

ion, purtător de sarcină electrică pozitivă sau negativă, de ordinul de mărime al moleculelor (electronii nu intră în categoria **i.**).**I.** se produc în lichide *(disociație electrolitică)* sau în gaze *(ionizare)* prin scindarea moleculelor în două părți, una cu electroni în exces față de protoni *(i. negativi* sau *anioni)* și una cu electroni în minus *(i. pozitivi* sau *cationi)*. Mișcarea **i.** într-un cîmp electric asigură conducția electrică în fluide (electroliți sau gaze ionizate).

ionizare, proces de formare a ionilor. **I.** este spontană în electroliți *(→ disociația electrolitică)*, iar în gaze se produce prin ciocnirea atomilor de către electroni liberi sau particule grele (este posibilă, de asemenea, **i.** gazelor prin radiații). Pentru a se produce **i.**, aportul de energie adus atomului trebuie să depășească valoarea energiei de **i.** $E_i = eU_i$, unde *e* este sarcina electrică a electronului, iar U_i — potențialul de **i.**, care diferă de la atom la atom *(→ descărcare electrică în gaze, → arc electric, → efect corona)*.

isterezis, histerezis.

izolant → materiale electroizolante.

izolator, piesă izolantă utilizată în instalațiile electrice și în construcția mașinilor și aparatelor electrice, avînd rolul de a izola părțile componente, între care există o diferență de potențial, și de a realiza îmbinarea lor mecanică. Constructiv, **i.** sînt de mai multe tipuri (fig. 147): *i. suport*, tip *della*, pentru aparate și linii aeriene de joasă și înaltă tensiune (pînă la 50 kV); *i. de suspensie*, tip *carcasă* (cu *capă*) și tip *tijă* (baston), pentru liuii aeriene de înaltă tensiune; *i. de trecere*, pentru stații și posturi de transformare, pentru mașini și aparate. **I.** utilizate în instalațiile de joasă tensiune pot fi *de susținere* (preiau numai solicitările date de greu-

tatea conductelor) și de *tracțiune* (pot suporta și forțe date de întinderea conductelor). După locul de amplasare, **i.** sînt de exterior și de interior; după tensiunea nominală, *de joasă tensiune* (sub 1 kV) și *de înaltă tensiune* (peste 1 kV). *I. de exterior* lucrează în condiții îngreunate de precipitații atmosferice (ploaie, zăpadă, rouă, ceață, gheață) și de murdărire, accentuată de emanațiile industriale. Profilul lor are nervuri inelare în formă de umbrelă, de pe care apa să picure, fără să se prelingă pe suprafața **i.**; pelicula de apă ar facilita

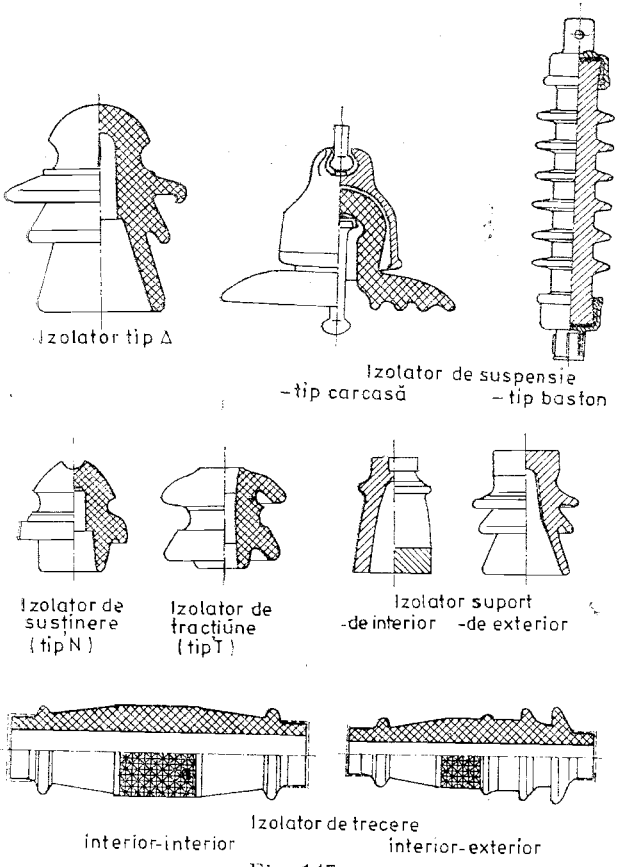


Fig. 147

conturnarea. Culoarea glazurii **i.** de exterior este închisă (cafenie), pentru a se încălzi mai repede sub acțiunea radiației solare și a se elimina rapid umiditatea produsă de rouă; la **i.** de interior se preferă glazura de culoare albă, pentru a se observa mai ușor depunerile de praf. *I. de interior* au nervuri inelare, cu profil triunghiular.

Materialul cel mai utilizat la confecționarea **i.** este porțelanul, vitrificat prin ardere și cu suprafața acoperită cu o glazură netedă, fără porozități, rezistentă la agenții atmosferici. Se mai folosește sticla cu adaos de sare de bor (pyrex) sau sticla tratată, prin încălzire la 700°C, și răcită într-un curent de aer, unele materiale plastice etc. Fixarea armăturilor metalice pe corpul **i.** se face cu un chit special. **I.** se încearcă pentru verificarea caracteristicilor electrice și mecanice: tensiunea de conturnare în aer uscat și sub ploaie artificială, rezistența electrică la frecvență industrială și la frecvență mărită (200...300 Hz) măsurată prin tensiunea de apariție a descărcărilor superficiale, rezistența la șoc mecanic și la șoc termic, rezistența la solicitări de întindere, rezistența la variații de temperatură și gradul de porozitate.

izolație, sistem de separare galvanică a părților conductoare ale mașinilor, aparatelor și instalațiilor electrice, aflate sub tensiune unele față de altele sau față de pămînt. Starea și calitatea **i.** se poate determina prin observare vizuală sau prin măsnrători *(→rezistența de izolație)*. Stabilirea **i.** necesare pentru diferite echipamente de înaltă tensiune (niveluri de **i.**), ținînd seama de supratensiunile probabile datorită descărcărilor atmosferice se face prin → *coordonarea izolației*. **I.** este necesară pentru preîntîmpinarea scurtcircuitelor *(i.de lucru)* și ca măsură de protecție față de tensiunile de atingere periculoase *(i.de protecție)*. I. de lucru este **i.** dimensionată în raport cu tensiunea existentă între părțile echipamentului electric aflate sub tensiune sau între acestea și părțile conductoare care în mod normal nu se află sub tensiune. La **mașinile electrice, i.** reprezintă totalitatea elementelor constructive care împiedică închiderea curentului de conducție prin alte căi decît cele impuse pentru funcționarea normală, evitîndu-se apariția tensiunilor pe alte părți conductoare. Se izolează înfășurările, colectoarele, inelele, perile, bornele. **I. conductoarelor** se face în funcție de tensiunea pe spiră (10...20 V, mai rar 100 V). Se utilizează lacul email, hîrtia, bumbacul, mătasea *(→ clase de izolație)*. **I. bobinei** realizează izolarea tuturor conductoarelor unei bobine. **I. crestăturii** izolează bobinele față de părțile conductoare ale pachetului de tole, servind adesea și la protejarea **i.** conductoarelor și bobinelor la introducerea lor în crestătură (teaca de protecție, fig. 148). **I. capetelor de bobină** constă

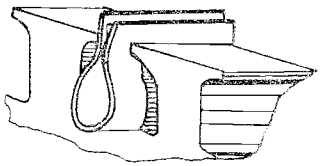


Fig. 148

din bandă izolantă (bumbac, pînză uleiată, micabandă) sau din distanțiere izolante. Pentru evitarea absorbției umezelii, care determină scăderea rezistenței de **i.**, **i.** înfășurărilor se impregnează *(→ impregnare)* cu diferite compounduri, care le conferă rezistență mecanică și rigiditate. *I.de protecție* reprezintă o **i.** suplimentară, în plus față de **i.** normală, de lucru, astfel realizată încît părțile conductoare, care nu intră în circuitul normal al curenților, dar care pot fi atinse, să nu primească tensiune în cazul deteriorării **i.** de lucru. I. de protecție poate consta dintr-un înveliș izolant rezistent, exterior, care izolează suplimentar carcasa, mînerele și butoanele echipamentului electric (stratul de vopsea sau lac nu poate fi considerat **i.** de protecție).

izvor de lumină, sursă de lumină.

îmbătrînire, proces evolutiv, continuu și ireversibil, de degradare sau de modificare a proprietăților materialelor electrotehnice în timp, ca urmare a modificării structurii chimice sau a parametrilor fizici după o perioadă îndelungată de funcționare. **Î.** unui dielectric, de ex., constă în micșorarea capacității de izolare electrică (rigidității dielectrice); **î.** materialelor de mare rezistivitate nemetalice (de ex., carbura de siliciu) constă în creșterea rezistenței cu 15...19% în primele 60...80 ore de funcționare, după care **î.** decurge mai lent.

îmbinare, realizarea unei legături electrice între două conductoare sau între un conductor și o armătură. **Î.** poate să fie *nedemontabilă*, prin sudare sau lipire, sau *demontabilă*, prin → *cleme*. Materialele utilizate la **î.** în instalațiile electrice sînt: → *dozele*, de ramificație și de aparate; *cutiile de bare, clemele de șir*; → *manșoanele de cabluri*; → *cutiile terminale*. Conductele izolate se îmbină numai în doze; conductele de cupru se îmbină prin răsucire (matisare) și cositorire; conductele de aluminiu se îmbină prin sudare sau cu cleme cu șurub, cu rondele elastice; **î.** conductelor de cupru cu cele de aluminiu se face cu cleme → *cupal*. **Î.** cablurilor se face prin lipirea, presarea sau sudarea conductoarelor, după îndepărtarea prealabilă a învelișurilor izolante și de protecție. Izolarea **î.** se face manual, prin înfășurare cu hîrtie de cablu, iar spațiul gol din interiorul manșonului se umple cu ulei de cablu, cu masă izolantă de cablu, sau cu rășini epoxidice, după ce s-a asigurat etanșarea. **Î.** cablurilor cu conductele aeriene se face prin cutii terminale. **Î.** conductelor neizolate ale liniilor aeriene se face cu cleme de legătură: de întindere, pentru legătură mecanică și electrică și cleme numai pentru legătură electrică.

înaltă tensiune → rețele electrice.

îmbunătățirea factorului de putere → factor de putere.

încălzire, proces fizic ce are loc în echipamentele electrice, ca urmare a transformării electrice în căldură. Această transformare poate să fie utilă, în instalațiile electrotermice *(→ electrotermie)*, sau poate fi nedorită, în cazul mașinilor, aparatelor și instalațiilor electrice, făcîndu-se pe seama pierderilor în conductoare (pierderi în cupru), a pierderilor în circuitele magnetice (pierderi în fier) sau a pierderilor mecanice. Termenul **î.** este folosit și pentru a indica supratemperatura unei părți a echipamentului electric față de temperatura mediului ambiant ϑ_a. Teoria clasică a **î.** stabilește ecuațiile diferențiale care descriu procesele tranzitorii de **î.** și răcire, în ipoteza unui corp omogen (de masă, m, kg), în care se disipă pierderi constante (p, W), cu căldura specifică c (J.kg^{-1}grd^{-1}), independentă de temperatură, și cu coeficientul de cedare a căldurii de către suprafața sa exterioară S(m^2) înspre mediul ambiant α (W.m^{-2}grd^{-1}) de valoare constantă. Căldura degajată într-un timp elementar dt este parțial transmisă mediului, parțial este acumulată în masa corpului, determinînd creșterea temperaturii acestuia: $p \cdot dt = \alpha S \vartheta dt + mc d\vartheta$. La începutul procesului de **î.**, cînd temperatura corpului

diferă puțin de cea a mediului ambiant, căldura cedată înspre exterior este mică, cea mai mare parte se acumulează în masa corpului, a cărui temperatură crește rapid, aproape liniar în timp; spre sfîrșitul procesului trauzitoriu de **î.** aproape toată căldura degajată este cedată mediului ambiant, supratemperatura corpului crește din ce în ce mai puțin, pînă se stabilizează la o valoare constantă ϑ_f. Punînd în ecuația diferențială $d\vartheta = 0$, rezultă $\vartheta_f = p/(\alpha S)$, adică supratemperatura finală nu depinde de supratemperatura inițială, ci numai de pierderile disipate și de condițiile de transfer de căldură înspre exterior. Introducînd *constanta termică de timp* la **î.** $T_i = cm/(\alpha S)$, soluția ecuației diferențiale a **î.** este $\vartheta = \vartheta_0 + (\vartheta_f - \vartheta_0)\,[1 - \exp(-t/T_i)]$, unde ϑ_0 reprezintă supratemperatnra inițială. Reprezentînd grafic curba exponențială a **î.** (fig. 149), constanta

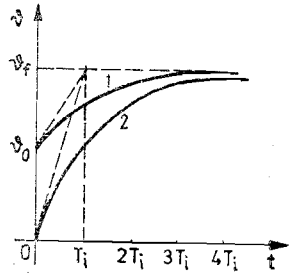


Fig. 149

termică de timp se poate determina ca subtangenta la această curbă. Ecuația răcirii, cu $p = 0$, $-mc.d\vartheta = \alpha S \cdot dt$, are soluția $\vartheta = \vartheta_s \exp(-t/T_r)$ în care ϑ_s este supratemperatura staționară de la care începe răcirea, iar T_r este constanta termică de timp la răcire, în general diferită de T_i (de ex., la motoarele electriee cu autoventilație, $T_r > T_i$, datorită opririi ventilatorului, deci a scăderii coeficientului de cedare a căldurii).

În procesele de **î.** și răcire temperatura staționară se obține după un timp de 3...4 ori constanta termică de timp. **Î.** aparatelor, mașinilor și instalațiilor electrice determină solicitările lor termice; în general, aceste solicitări trebuie să fie apropiate de solicitările maxime admise de izolație (→ *clase de izolație*), altfel construcția echipamentelor electrice ar deveni neeconomică, datorită supradimensionării lor.

încălzire cu radiații infraroșii, procedeu de încălzire bazat pe absorbția *radiațiilor infraroșii* de către corpul supus încălzirii, transmiterea căldurii făcîndu-se prin radiație (conducția și convecția avînd un rol neînsemnat). Se aplică la uscarea produselor cu suprafață mare (uscarea lacurilor și vopselelor de pe suprafețele vopsite, uscarea lemnului, hîrtiei, textilelor, pielăriei), a materialelor pulverulente, a cerealelor, semințelor, legumelor, fructelor și a produselor de brutărie și patiserie. Instalațiile de **î.cu r.i.** pot fi în formă de *tunel* (în care produsele sînt deplasate cu bandă rulantă sau cu conveior), în formă de *cameră* (cuptoare) sau sub formă de *panouri radiante* deschise, mobile. Sursele electrice de radiații infraroșii se împart în *surse luminoase* și în *surse întunecate*. Sursele luminoase, care dau radiații cu lungimea de undă cuprinsă între 1,1 și 1,8 μm, sînt rezistoare de cromnichel fixate pe tuburi izolante sau introduse în tuburi de cuarț și lămpi electrice cu incandescență, de construcție specială (fig. 150), cu filament de wolfram încălzit la 2300°C și cu reflector parabolic interior, de aluminiu. Sursele întunecate, cu maximumul radiației cuprins între 1,8 și 10 μm, sînt plăci ceramice, cu radiatoare încorporate (fig. 151), a căror temperatură este de 700°C. Există și radiatoare încălzite cu gaze combustibile. La alegerea sursei de radiații trebuie să se ia în considerație spectrele de absorbție ale materialelor de încălzit, pentru ca

maximumul energiei radiante emise de sursă să aibă loc la aceeași lungime de undă la care absorbția corpului de încălzit este maximă.

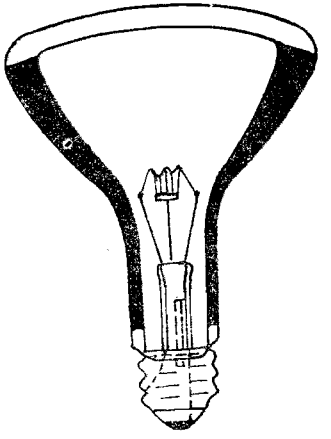


Fig. 150

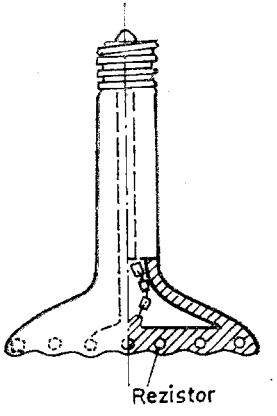


Fig. 151

încălzire dielectrică, încălzire a corpurilor dielectrice (izolante) introduse între armăturile unui → *condensator*, aflate sub tensiune alternativă. Energia disipată sub formă de căldură este proporțională cu frecvența și cu pătratul intensității cîmpului electric. **Î.d.**, nedorită la izolatoarele condensatoarelor și la cablurile de înaltă tensiune, se aplică în → *electrotermie*, în diverse industrii: industria alimentară (uscarea laptelui praf, deshidratarca fructelor, sterilizarea produselor, coacerea biscuiților); industria chimică (uscarea produselor sub formă de granule, pudră sau tablete, vulcanizarea cauciucului); industria lemnului (lipirea și uscarea produselor); industria constructoare de mașini (uscarea miezurilor de turnătorie, a pieselor placate cu fibră de sticlă); industria electrotehnică (presarea bachelitei și a altor materiale termoreactive, fabricarea plăcilor de pertinax, stratitex și sticlostratitex) și altele. Pentru un material dat, cu o anumită cifră de pierderi ($\mathrm{tg}\,\delta \cdot \varepsilon_r$), mărirea pierderilor specifice, deci a vitezei de încălzire se poate obține prin mărirea intensității cîmpului electric și a frecvenței. La intensități de cîmp electric mai mari de 10^5 V/m, în special la procesele de **î.d.** la care se degajă vapori de apă, apare pericolul conturnării, motiv pentru care în scopul măririi eficienței **î.d.** se lucrează cu frecvențe de 10... ...2 500 MHz. Sursele de înaltă frecvență utilizate la **î.d.** sînt oscilatoare electronice, cu puteri unitare de 0,5...50 kW (dar care pot atinge și 1 000 kW). Sin. *încălzire prin pierderi dielectrice*.

încălzire prin inducție, încălzire a corpurilor conductoare, bazată pe fenomenul de → *inducție electromagnetică*, la care energia este transmisă de către o bobină (→ *inductor*), parcursă de curent alternativ. Piesa de încălzit este străbătută de fluxul magnetic variabil produs de inductor, fiind sediul unor curenți turbionari, care o încălzesc datorită efectului termic. **I.prin î.** este caracterizată de viteze mari de încălzire (pînă la 1 000 K/s), datorită puterii specifice mari (pînă la 10 kW/cm²) și de posibilitatea dozării precise a energiei transmise

piesei de încălzit, pretindu-se la automatizări complexe. Căldura se poate concentra la suprafața piesei, dacă frecvența și puterea specifică sînt mari *(încălzirea superficială*, folosită la → *călirea prin curenți de înaltă frecvență*, la sudare sau la lipire), sau se poate degaja în toată masa piesei *(încălzire în profunzime)*, aplicată la deformări plastice la cald: forjare, matrițare, laminare. Stratul în care se degajă căldura este determinat de → *adîncimea de pătrundere*. Instalațiile de **î.prin i.** pot fi de *frecvență industrială* (50 Hz), de *frecvență medie, (audiofrecvență* 2...10 kHz) și de *frecvență înaltă (radiofrecvență*, 60 kHz...5 MHz). La unele instalații de încălzire în profunzime se utilizează și frecvențe multiplu de 50 (150, 250 Hz), obținute de la multiplicatoare de frecvență *(→ triplor de frecvență)*. Instalațiile de frecvență medie au ca sursă convertoare cu tiristoare sau generatoare rotative *(→ generator de frecvență ridicată)*; cele de înaltă frecvență utilizează oscilatoare electronice de putere cu tuburi electronice. **Î.prin i.** pentru topire se aplică la cuptoarele de inducție *(→ cuptor electric)*.

încălzire prin pierderi dielectrice, încălzire dielectrică.

încărcare → sarcină.

încărcare electrostatică, separare a sarcinilor electrice pozitive și negative pe corpuri conductoare sau dielectrice prin procedee mecanice (frecare) sau prin influență electrostatică *(→ electrizare)*.

încărcare a acumulatorului → acumulator.

încărcare a condensatorului → condensator.

încercare, determinare experimentală a unor proprietăți la materiale și echipamente electrice, în vederea aprecierii calității, funcționalității și siguranței în funcționare. Se fac **î.** mecanice, termice, electrice, chimice. La mașiniile electrice se fac **î.** de tip, de lot, de exploatare, în urma reparațiilor și **î.** speciale (de cercetare, didactice etc). La *î.de tip* se supun mașini alese din lotul fabricației de serie și toate exemplarele din seria zero. Dacă nu intervin modificări constructive și în procesul tehnologic, aceste **î.** se fac o dată la doi ani; mașinile mari, fiind, în general, unicate sau de tip nou, se supun toate acestor **î.** *Î.de lot* reprezintă o parte din **î.** de tip și se execută la toate mașinile fabricate. *Î.de exploatare* se fac la mașinile de mare putere, de ex., o dată la doi ani. **Î.** stabilesc dacă se îndeplinesc condițiile tehnice impuse de normative (standarde sau norme interne de fabricație): încălzirea, rezistența de izolație, robustețea mecanică și gradul de protecție, indicatorii economici (randament și factor de putere), indicatori de exploatare (cuplu de pornire, cuplu maxim, curent de pornire), funcționarea periilor (gradul de scînteiere), rezistența la suprasarcini de scurtă durată, vibrațiile și zgomotul, perturbațiile radiofonice etc. Rezultatele **î.** se trec într-un *buletin de* **î.**, pe baza căruia se eliberează certificatul de calitate.

înfășurare, ansamblu de conductoare, cel mai frecvent sub formă de bobine, folosit la transformatoare, mașini și aparate electrice, pentru a se produce cîmpuri magnetice și tensiuni electromotoare de inducție, sau pentru a se exercita acțiuni ponderomotoare (forțe și cupluri) asupra altor **î.** **Î.** aparatelor electrice (electromagneți, bobine de reactanță, aparate de măsură), sînt *î. concentrate*. **Î.** mașinilor electrice se clasifică în *î.de excitație*, care produc cîmpul magnetic principal, și *î.de indus*, prin intermediul cărora puterea electromagnetică se cedează pe la borne, sub formă de putere electrică (la generator), sau pe la arbore, sub formă de putere mecanică (la motor).

Î. de excitație *(→ inductor)* sînt *concentrate*, la mașinile cu poli aparenți (ieșiți) și *repartizate*, la mașinile cu poli înecați (plini). **Î.** concentrate ale mașinilor de curent continuu pot fi **î.** *derivație* (cu număr mare de spire, de secțiune relativ mică, conectate în *paralel* cu indusul) și **î.** *serie* (cu număr mic de spire, de secțiune mare, parcurse de curentul indusului). Bobinele concentrate se montează, de regulă, pe casete izolante sau metalice; la puteri mari, **î.** concentrată este formată din mai multe bobine, între care se lasă canale de răcire, longitudinale sau transversale. Pentru a se utiliza mai bine spațiul dintre poli, unele **î.** concentrate au formă trapezoidală. Conectarea bobinelor polilor se face, de regulă, în serie, deoarece la conectarea în paralel, curenții prin bobine ar putea fi diferiți, ca urmare a inegalității rezistențelor. **Î.** serie amplasată pe polii auxiliari ai mașinii de curent continuu, în scopul ameliorării comutației, se numește **î.** *de comulație*. **Î.** indusului mașinilor cu colector (numită impropriu **î.** de curent continuu, deși se întîlnește și la mașinile de curent alternativ cu colector), este o **î.** închisă, *în tambur* (în tobă), fiind amplasată în crestăturile de la periferia rotorului, fiecare bobină avînd începutul și sfîrșitul legate la lamele de → *colector*. **Î.** *în inel*, cu spirele așezate pe suprafața indusului, de formă toroidală cu secțiune dreptunghiulară, nu se mai utilizează din cauza consumului mare de cupru și a rezistenței mecanice insuficiente. **Î.** indusului constă din *secții*, care cuprind partea de **î.** situată între două lamele de colector succesive, sub aspectul conexiunilor. La mașini mici secțiile constau din bobine cu mai multe spire formate din conductoare de secțiune rotundă; la mașini de curent mare secțiile se fac din bare și au una, două sau mai multe spire. Laturile secțiilor se așază de regulă, în două straturi. **Î.** poate fi *buclată* (la parcurgerea ei se formează bucle) sau *ondulată*. Pasul (deschiderea) secției, *y*, măsurat între *latura de dus* (care pleacă de la colector înspre partea opusă) și *latura de întors*, poate să fie *pas diametral*, cînd este egal cu pasul polar ($y = \tau$), sau *pas scurtat* ($y < \tau$). **Î.** se reprezintă, pe desenele de execuție, sub formă de schemă desfășurată în plan, obținută prin tăierea rotorului după generatoare și desfășurarea lui (fig. 152). Periile, călcînd pe lamelele de colector, împart **î.** indusului în mai multe ramuri în paralel, numite *căi de curent*. *Î.de compensație* este o

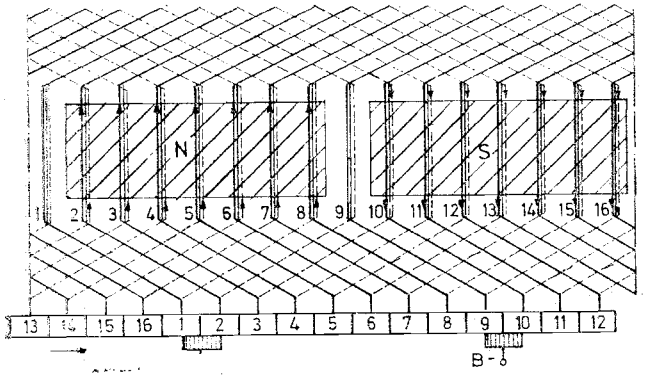


Fig. 152

î. repartizată, amplasată în crestături practicate în tălpile polare ale mașinilor cu colector (de ex., la mașini de curent continuu de putere mare, peste 100 kW) și este parcursă de curentul indusului într-un astfel de sens, încît compensează → *reacția indusului*. **Î.** *de curent alternativ* sînt monofazate sau polifazate. **Î.** *trifazată* este formată din trei grupe de bobine (faze) amplasate în crestături decalate în spațiu cu un unghi de 120° electrice, într-un strat sau în două straturi; în general, dacă Z este numărul total de crestături, m — numărul de faze și p — numărul perechilor de poli, *numărul de crestături pe pol și fază* se calculează cu relația $q = Z/(2mp)$. După forma constructivă a bobinelor, **î.** poate fi executată cu *bobine concentrice* (fig. 153) sau cu *bobine egale*,

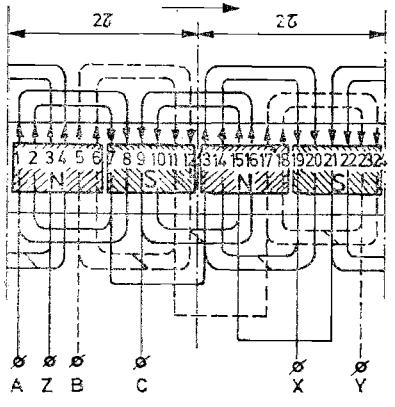


Fig. 153

nesimetrice (trapezoidale) sau simetrice. După modul de tratare a capetelor de bobină, **î.** sînt într-un etaj, în două sau în trei etaje. **Î.** trifazate cu pas scurtat și cu număr fracționar de crestături pe pol și fază sînt favorabile sub aspectul reducerii armonicilor superioare. După modul de confecționare și de introducere a bobinelor în crestături **î.** au *bobine maleabile*, din sîrmă de bobinaj de secțiune rotundă, introduse în crestături semiînchise spiră cu spiră și *bobine rigide*, din bară pentru curenți mari, amplasate în crestături semideschise sau deschise (fig. 154). **Î.** *în* → *colivie*, utilizate ca înfășurare de indus, la motoarele asincrone cu rotorul în scurtcircuit, și ca **î.** de amortizare, la mașinile sincrone, sînt confecționate din bare de cupru, bronz sau aluminiu (turnat sub presiune), fiind scurtcircuitate la capete prin cîte un inel de scurtcircuitare. **Î.** transformatoarelor și a bobinelor de reactanță sînt *concentrice* sau *alternate* (fig. 155). După modul de execuție **î.** sînt *cilindrice*, cu → *galeți* sau *spiralate* (cu intervale de răcire între spire). **Î.** pentru aparate electrice (electromagneți, bobine etc.) sînt, în general, **î.** concentrate. Forme deosebite au **î.** bobinelor de înaltă frecvență, la care se urmărește reducerea capacității parazite și a rezistenței în curent alternativ, influențate de efectul pelicular (confecționare din conductor lițat).

înregistrator, aparat care trasează, pe cale grafică, variația unei mărimi date de un dispozitiv de măsurare în funcție de altă mărime variabilă, cel mai frecvent de timp. Mecanismul de afișare (înregistrator cu peniță, creion sau cu sistem optic) este deplasat pe o bandă sau un disc de hîrtie sau peliculă fotosensibilă, care sînt antrenate proporțional cu variabila independentă (dacă înregistrarea se face în funcție de timp, suportul este antrenat de un mecanism de ceasornic sau de un servomotor sincron). Aparatele **î.** poartă sufixul *graf* (de ex., oscilo*graf*, spre deosebire de oscilo*scop*, care nu înregistrează semnalele afișate).

întîrziere la aprindere, întîrziere a semnalului de comandă aplicat tuburilor ionice sau dispozitivelor semiconductoare de tip tiristor, față de momentul în care se face polarizarea directă (potențial pozitiv la anod și

negativ la catod), numit moment al comutației naturale. **Î. la a.** se face cu punți defazoare, cu regulatoare de inducție (de fază), sau cu circuite electronice generatoare de impulsuri (→ *comandă pe grilă*).

întrefier, porțiune neferomagnetică, cel mai frecvent sub forma unui

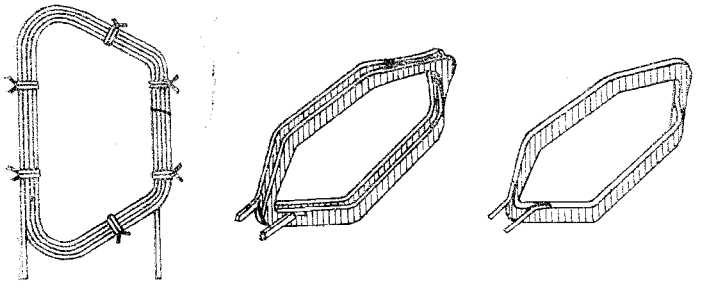


Fig. 154

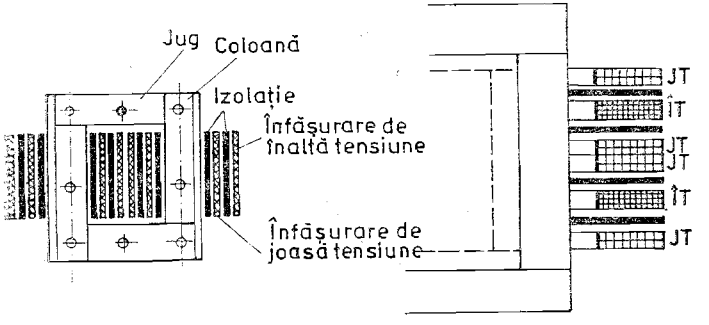


Fig. 155

întoarcerea curentului, ansamblul fenomenelor produse în tracțiunea electrică cu un singur fir de contact de către curentul ce se închide la substația de tracțiune parțial prin șine, parțial prin pămînt. **Î.c.** determină apariția → *tensiunii de pas* și a tensiunii șină-pămînt, iar în curent continuu produce → *coroziunea electrolitică* a maselor metalice aflate în pămînt în zona căii cu șine (conducte, mantale de cabluri etc.). **Î.c.**, prin efectul de ecranare a șinelor, poate influența valoarea tensiunilor induse prin → *influență electromagnetică* (→ *transformator sugător*).

întrefier, porțiune neferomagnetică, cel mai frecvent sub forma unui interstițiu de aer, străbătută de fluxul magnetic al unui → *circuit magnetic* și mărginită de două suprafețe ale materialului feromagnetic învecinat. Permeabilitatea magnetică a **î.** fiind redusă (permeabilitatea vidului), reluctanța sa magnetică este mare (direct proporțională cu lungimea **î.**), fiind necesară o tensiune magnetică de valoare mare pentru a forța trecerea fluxului magnetic prin **î.** La mașinile electrice, prin **î.** se face transferul energiei

electromagnetice între partea fixă a mașinii (stator) și partea sa mobilă (rotor). La mașinile asincrone, î. influențează curentul de mers în gol și factorul de putere; pentru un anumit gabarit al motorului, factorul de putere este cu atît mai mare, cu cît î. este mai mic. Din considerente constructive și de fiabilitate, î. are o lungime δ care crește cu puterea mașinii (empiric, $\delta = 3(4 + 0{,}7\sqrt{Dl}) \cdot 10^{-2}$ mm, unde D și l sînt diametrul interior și, respectiv, lungimea statorului motorului asincron, în cm). Repartiția inducției magnetice în î. determină forma de variație în timp a tensiunii electromotoare induse, deci conținutul său în armonici superioare și depinde de geometria î. (la mașinile sincrone cu poli aparenți î. este variabil) și de modul de amplasare a înfășurărilor repartizate. La transformatoare și aparate electrice fără părți mobile în circuitul magnetic, î. se reduce la minim prin măsuri constructive.

întreruperea circuitului, operație de deschidere a unui circuit electric pentru anularea curentului care îl parcurge. Fenomenele tranzitorii care apar la î.c. depind de caracterul circuitului (rezistiv, inductiv, capacitiv), de valorile curentului ce se întrerupe și ale tensiunii dintre contacte, precum și de proprietățile → *întreruptorului* (materialul contactelor, viteza de declanșare, dispozitivele de stingere a arcului electric etc.). Î. c. fără scîntei sau arc este posibilă la circuitele rezistive, la curenți mici (de ordinul zecimilor de A) și tensiuni sub 250 V. Sub 20...30 V, orice curent poate fi întrerupt fără scîntei sau arc (tensiunea maximă se referă la contacte de grafit, de ex., la periile mașinilor electrice). În curent continuu stingerea arcului se face prin alungire (→ *cameră de stingere*) și prin mărirea vitezei și cursei contactelor. (Mărirea vitezei de î.c. inductive duce la apariția unor supratensiuni de autoinducție, care îngreunează stingerea arcului; pentru ușurarea stingerii și diminuarea scînteilor, în paralel cu contactele se conectează condensatoare, de ex., la ruptorul sistemelor de aprindere electrică a motoarelor de automobil). În curent alternativ, pentru stingerea arcului este suficient ca după trecerea naturală prin zero a curentului, de două ori în fiecare perioadă, să se împiedice reapariția arcului. Stingerea arcului este cu atît mai dificilă cu cît frecvența este mai mare. Dificultăți deosebite la î. curentului alternativ apar la circuitele capacitive, de ex., la î.c. liniilor lungi de înaltă tensiune care funcționează în gol. Sin. *deconectare*.

întreruptor, aparat electric de comutație utilizat la închiderea (conectarea) sau deschiderea (deconectarea) circuitelor electrice, pentru stabilirea sau întreruperea curentului electric din circuitul considerat. Î. pot fi automate sau neautomate, de joasă sau de înaltă tensiune, fiind acționate de diferite tipuri de → *dispozitive de acționare*. Î. *neautomate* nu întrerup curenți de scurtcircuit, fiind comandate local sau de la distanță de către operator; dispozitivele de acționare pot fi manuale, electromagnetice sau pneumatice. Î. neautomate pot avea deschidere bruscă, indiferent de viteza cu care este manevrat dispozitivul de acționare. Î. *automate* sînt prevăzute cu dispozitive de protecție, care comandă automat deschiderea circuitului în anumite condiții prestabilite (de ex., la creșterea curentului peste o anumită valoare sau la scurtcircuit, la scăderea sub o valoare limită a tensiunii, impedanței sau a altui parametru al circuitului). Unele î. automate pot restabili automat curentul în circuit la dispariția cauzei care a determinat întreruperea (→ *r.a.r.*). De asemenea, î. automate pot fi comandate de operator pentru stabilirea sau întreruperea curentului de sarcină. *Î. de joasă tensiune* (sub 1 000 V) se utilizează în instalațiile de iluminat și forță de joasă tensiune. Î. și *comutatoarele cu pîrghie*, întîlnite, mai ales, în instalațiile vechi, sînt acționate manual și nu pot întrerupe decît curenți de sarcină. Contactele fixe, sub formă de furcă și cele mobile, în formă de cuțit sînt introduse într-o carcasă de bachelită, din considerente de protecție, dar în acest fel se pierde un avantaj important al acestor î., acela de a fi vizibilă poziția contactelor. Î. și *comutatoarele pachet* se utilizează, frecvent, în instalații cu curenți pînă la 100 A, pentru pornirea motoarelor asincrone de putere mică (pornire stea-triunghi, inversarea sensului de rotație, comutarea treptei de viteză la motoarele cu două viteze etc.), sau în instalațiile de automatizare. Sînt construite dintr-un ansamblu de elemente de întrerupere și comutare, montate etajat (în pachet) pe discuri de bachelită, părțile mobile fiind acționate de o manetă, prin intermediul unui ax comun. Întreruperea bruscă este asigurată de dispozitive de saeadare, cu resoarte. Prin modificarea numărului de discuri și a configurației și poziției contactelor se pot obține scheme de comutație foarte variate. *Î. automate de joasă tensiune* permit conectarea și deconectarea circuitelor, cu frecvență redusă (zeci de conectări pe oră), iar în caz de suprasarcini, scurtcircuite sau scăderea (dispariția) tensiunii întrerup automat circuitul. Î. actuale sînt de tip *disjunctor*, avînd numai declanșarea automată (cele la care și reanclanșarea este automată sînt de tip conjunctor-disjunctor). Spre deosebire de contactoare, care nu pot întrerupe curenți de scurtcircuit și sînt menținute anclanșate numai atîta timp cît bobina electromagnetului este sub tensiune, î. automate sînt menținute în poziția anclanșat cu ajutorul unui mecanism de zăvorîre (broască). În componența unui î. automat de joasă tensiune (fig. 156) intră contactele principale *1*, contactele auxiliare *2*, declanșatorul electromagnetic *3*, termic *4*, de tensiune minimă *5*, de deschidere *6*, dispozitivul de acționare (de regulă, manual sau mecanic) *7*, mecanismul de zăvorîre *8* și bobinele de suflaj magnetic *9*.

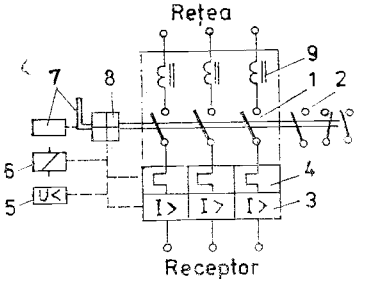


Fig. 156

Î. *trifazate* se construiesc pentru curenți de 100, 250, 500 și 800 A (seria USOL) și 1 000, 1 600, 2 000, 2 500 și 4 000 A (seria OROMAX). Î. *automate monofazate* (denumite impropriu siguranțe automate) se utilizează la curenți pînă la 60 A pentru comanda și protecția circuitelor interioare (de iluminat). Fiind prevăzute cu declanșator termic și electromagnetic, asigură protecția la suprasarcini și scurtcircuite, eliminîndu-se siguranțele fuzibile (unele tipuri constructive au formă cilindrică, cu filet E 33 și se înșurubează în soclurile pentru siguranțe fuzibile). Î. *automate de înaltă tensiune* diferă după modul și mediul de stingere a arcului electric. Î. *cu ulei mult* au dispozitivele de stingere a arcului într-o cuvă cu ulei. Uleiul, în cantitate relativ mare, servește atît ca mediu de stingere, cît și ca izolant. La tensiuni peste 20 kV și puteri de rupere peste 500 MVA î. trifazate au trei cuve separate. În construcția î. cu ulei mult (în izolatoarele de trecere) sînt încorporate transformatoare de curent și divizoare de tensiune capacitive, pentru măsurarea curentului și tensiunii. La noi în țară

acest tip de î. se utilizează numai la tensiuni sub 110 kV. *Î. cu ulei puțin* folosesc uleiul, în cantități mici, numai ca mediu de stingere, izolația fiind asigurată de materiale dielectrice ceramice sau organice. La deschiderea contactelor de întrerupere căldura degajată de arc evaporă uleiul, producîndu-se o suprapresiune care determină o spălare energică a coloanei arcului cu ulei proaspăt și rece. Î. pot avea *rupere unică* (o singură cameră de stingere a arcului) sau *rupere multiplă* (cu mai multe camere pe pol, legate în serie). Î. cu rupere multiplă au un mare grad de *tipizare* și un gabarit redus (de ex., cu camere de stingere montate în V de la un î. de 110 kV și cu multiplicarea corespunzătoare a coloanei izolante, se pot obține î. de 220 și 400 kV, puterea de rupere fiind proporțională cu numărul camerelor de stingere înseriate). La unele tipuri de î., pentru eliminarea pericolului de incendiu, uleiul s-a înlocuit cu *expansină* (amestec de apă cu etilenglicol), dar acest î., nu s-a răspîndit, datorită puterilor mici de rupere. *Î. cu gaze comprimate* (aer comprimat, hexafluorură de sulf, SF_6, comprimată) folosesc pentru stingerea arcului jeturi de gaze sub presiune mare. La separarea contactelor, de-a lungul arcului format țîșnește gazul comprimat, care prin convecție răcește și deionizează spațiul dintre contacte (fig. 157). *Î. cu aer comprimat (î. pneumatice)* folosesc aer comprimat la 10...20 at, aflat în rezervoare amplasate la baza aparatelor, sau produs de către dispozitivul de acționare, cu ajutorul unui piston (procedeul *autopneumatic*). O cameră de stingere poate izola tensiuni de 60 kV, dar prin înșirierea (pe verticală sau, mai rar, pe orizontală) a mai multor camere se

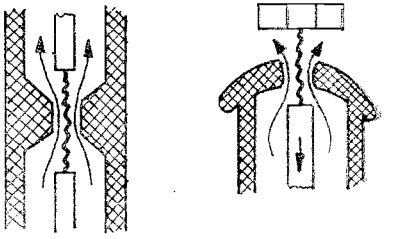


Fig. 157

pot construi unități pentru tensiuni superioare (24 locuri de rupere la 750 kV). *Î. cu SF_6* (hexafluorură de sulf sau *elegaz*) s-au dezvoltat după 1966 și au avantajul că folosesc mediu de stingere neinflamabil, cu bune proprietăți dielectrice, și au gabarite reduse. Spre deosebire de î. cu aer comprimat, la care aerul care a spălat arcul este evacuat în atmosferă, eventual printr-o tobă amortizoare de zgomot (tobă de eșapare), la î. cu SF_6 mediul de stingere este cu circuit închis, gazul eliminat din camera de stingere este purificat și recomprimat (cu compresor sau prin procedeul autopneumatic). *Î. de înaltă tensiune cu suflaj magnetic*, folosite la tensiuni pînă la 25 kV și puteri de rupere pînă la 1 000 MVA, în special, pentru comanda motoarelor și bateriilor de condensatoare de înaltă tensiune, au contacte în aer și dispozitive de stingere asemănătoare cu cele de la î. de joasă tensiune cu suflaj magnetic.

j, simbol pentru unitatea imaginară, $j = \sqrt{-1}$ (în matematici se folosește simbolul $i = \sqrt{-1}$).

J, simbol pentru densitatea curentului electric.

J, simbol pentru momentul de inerție.

J → **joule**.

jac. dispozitiv de conectare format dintr-o bucșă și un ansamblu de contacte sub formă de lamele arcuite între care se poate introduce o fișă pentru închiderea circuitului. Se folosește, îndeosebi, în centralele telefonice manuale.

joantă izolantă, joantă de cale ferată care izolează electric cele două șine pe care le unește. Este folosită la realizarea secțiilor izolate ale → *circuitelor de cale*. La căile ferate electrificate continuitatea circuitului curentului de tracțiune, care se întoarce prin șine, se asigură prin intermediul → *bobinelor de joantă*.

joasă tensiune, tensiune de valoare redusă, definită după anumite criterii. La alimentarea cu energie electrică j.t. reprezintă orice tensiune mai mică decît 1 kV (în valoare efectivă). În tehnica protecției contra tensiunilor de atingere (electrosecuritate), instalațiile de j.t. sînt acelea la care tensiunea (efectivă) dintre o fază și pămînt nu depășește 250 V (de ex., rețelele trifazate de 380 V cu neutrul legat la pămînt).

joncțiune, zonă de legătură între două conductoare. **J.** firului de contact de tracțiune electrică cu suspensie catenară este regiunea de trecere de la o zonă de ancorare la alta, în care firele de contact ale celor două zone sînt paralele (pe o distanță egală cu deschiderea dintre stîlpi). **J.** poate să fie *izolată*, realizată din considerente de natură electrică pentru → *secționarea liniei de contact*, sau *neizolată*, cu legături din funii de cupru între cele două zone, j. impusă de considerente mecanice. **J. semiconductoare** (j. *pn*) este zona de tranziție între un semiconductor de tip *p* și unul de tip *n*.

joule (**J**), unitate de măsură pentru energie, egală cu energia electrică transmisă într-o secundă unui circuit electric cu puterea constantă de 1 W: 1 J = 1 Ws.

Joule, James Prescott (1818—1889), fizician englez. Autodidact, **J.** a devenit celebru prin experiența ingenioasă de determinare a echivalentului mecanic al caloriei, efectuată în 1842, prin care a verificat principiul conservării și transformării energiei. În 1841 a enunțat *legea transformării energiei în conductoare*, conform căreia energia disipată sub formă de căldură la trecerea curentului electric este proporțională cu rezistența conductorului, cu pătratul intensității curentului și cu timpul, $E = RI^2t$ (*legea lui* **J.**). În 1847 descoperă *efectul magnetostrictiv*. Contribuții în fizica moleculară: a stabilit că energia internă a unui gaz depinde de temperatură și a calculat, prima oară, viteza moleculelor unui gaz. Împreună cu W. K. Thomson, a observat (1852) micșorarea temperaturii unui gaz ce

se destinde fără a efectua un lucru mecanic *(efect* **Joule-Thomson**). Numele său a fost atribuit unității de măsură a energiei — *joule.*

jug, parte a → *circuitului magnetic* care nu poartă înfășurări. La transformatoare, **j.** unește coloanele (miezurile). La mașinile electrice există **j.** *inductorului* și **j.** *indusului.* **J.** străbătute de fluxuri magnetice constante în timp (cum este cazul inductoarelor mașinilor de curent continuu sau sincrone), pot fi masive (din fontă sau oțel); la fluxuri magnetice variabile (de ex., la transformator) **j.** sînt confecționate din tole de tablă silicioasă, în scopul micșorării pierderilor în fier.

K

k (kilo) → **unități de măsură.**

k → **constanta** lui Boltzmann.

K → **kelvin.**

Kammerlingh-Onnes, Heike (1853—1926), fizician olandez. Profesor universitar la Leyda. Contribuții în fizica temperaturilor joase, electrotehnică și termodinamică. În 1908 a răcit heliul sub 1 K, obținînd prima oară heliu lichid. A descoperit fenomenul de → *supraconductivitate* **(1911).** Studii privind fenomenele optice, electrice și magnetice în apropiere de zero absolut. În 1913 a fost distins cu Premiul Nobel pentru fizică.

kanthal (cantal), aliaj al fierului cu 20...25% Cr, 5% Al, 1,5...2% Co, utilizat la confecționarea rezistoarelor de înaltă temperatură pentru cuptoare electrice (pînă la 1330°C). Temperatura de topire 1510°C; rezistivitatea la 20°C $1{,}39 \cdot 10^{-6}$ Ω cm; coeficientul de variație a rezistivității cu temperatura $4{,}85 \cdot 10^{-5} K^{-1}$.

Kapița, Piotr Leonidovici (1894—1984), fizician sovietic. Profesor universitar la Cambridge și Moscova. În timpul celui de al doilea război mondial a condus cercetările nucleare sovietice. A studiat experimental magnetostricțiunea, cîmpurile magnetice foarte intense, temperaturile foarte înalte (10^6K) și foarte joase. A inventat un aparat de lichefiere a hidrogenului și heliului (1924). Contribuții în supraconductivitate și în tehnica fuziunii nucleare. A descoperit fenomenul de suprafluiditate. În 1978 i s-a acordat Premiul Nobel pentru fizică.

kelvin (K), unitate de măsură a temperaturii absolute, egală cu gradul Celsius, dar cu punctul zero (zero absolut) la — 273,2°C.

Kelvin → **Thomson, Sir William lord Kelvin**

kenotron, diodă de putere cu vid (10^{-6} mm Hg), utilizată la redresoarele de înaltă tensiune, cum sînt cele de încercare a izolației cablurilor, în curent continuu. Tensiunea inversă admisibilă este de 800...40 000 V, iar curentul direct, de 0,1...2 A.

Kirchhoff, Gustav Robert (1824—1887), fizician german. Profesor universitar la Breslau (azi Wroclaw, R. P. Polonă), Heidelberg și Berlin. În 1845 enunță teoremele rețelelor electrice ramificate *(teoremele lui* **K.**). Introduce (1859) noțiunea de corp absolut negru (radiator integral) și enunță legea emisiei și absorbției corpului cenușiu *(legea lui* **K.**). În 1860, pune bazele analizei spectrale și descoperă, cu ajutorul spectroscopului inventat de el, împreună cu chimistul R. Bunsen, elementele cesiu (1860) și rubidiu (1861). Contribuții în hidrodinamică (teoria suprafețelor de discontinuitate) și în optică (dezvoltarea teoriei ondulatorii a lui A. J. Fresnel).

Kohlrausch, Rudolf-Hermann Arndt (1809—1858), fizician german. Profesor universitar la Kassel, Marburg și Erlangen. Lucrări în domeniul electricității. În 1842, a măsurat, împreună cu W. Weber, raportul dintre unitățile electromagnetice și electrostatice, aflînd o valoare egală cu viteza luminii. A introdus noțiunea de *rezistivitate* (1848) și a adus contribuții la calculul circuitelor electrice.

L

L, simbol pentru → **inductivitate**.

L, simbol pentru → **luminanță**.

laborator, incintă dotată cu mijloace de experimentare pentru instruire, cercetare științifică, control de calitate și încercări ale materialelor electrotehnice și echipamentelor electrice. *L.de înaltă tensiune* este dotat cu echipamente de producere a tensiunilor foarte înalte, de regulă peste 1 000 kV, pentru încercarea izolatoarelor și aparatelor de înaltă tensiune. *L.de mare putere* este destinat încercării mașinilor electrice mari, a căror putere nominală depășește, de regulă, 1 000 kW. Încercarea în sarcină, în prezent, se face, cel mai frecvent, cu recuperare de energie.

lac izolant, soluție coloidală pe bază de ulei *(email)*, celuloză sau rășini, folosită ca izolant electric pentru impregnarea unor materiale (țesături textile, carton presat, hîrtie) sau pentru acoperirea conductoarelor. După volatilizarea solventului l.i. formează o soluție solidă, lucioasă, împiedicînd pătrunderea umezelii în izolație și mărind conductivitatea sa termică *(→ impregnare)*. *L.i. siliconic* pe bază de elastomeri silicoorganici (de ex., cauciuc siliconic), folosit la impregnarea bobinelor izolate cu țesătură de sticlă, rezistă la temperaturi de pînă la 200°C.

lampă electrică, sursă electrică de lumină folosită la iluminatul artificial sau în scopuri speciale (semnalizare, instrumente de măsurat cu spot luminos, oscilografe cu bucle etc.). *L.e. cu incandescență* (denumite impropriu becuri electrice) produc radiații luminoase la trecerea curentului electric printr-un filament de wolfram, pe care îl încălzește la temperaturi cuprinse între 2000 și 3000°C (fig. 158). *L.e. cu incandescență*

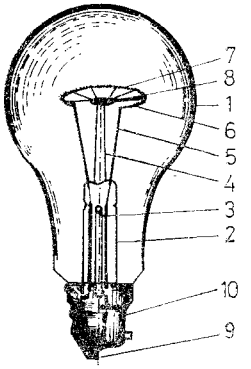


Fig. 158

normală este compusă dintr-un balon de sticlă *1* sudat la un picioruș, compus la rîndul său dintr-un corp *2*, un tub de evacuare *3*, un bastonaș *4* și doi electrozi *5*. Corpul, tubul de evacuare și bastonașul sînt confecționate dintr-o sticlă conținînd un procent ridicat de plumb, care nu se disociază electrolitic, sub influența diferenței de potențial dintre electrozi, și are același coeficient de dilatare cu electrozii, permițînd sudarea lor etanșă. De electrozi sînt fixate capetele spiralei de wolfram *6*, care mai este susținută de unul sau mai multe cîrlige de molibden *7*, încastrate în discul *8* de la capătul superior al bastonașului. Balonul este fixat cu un chit special într-un soclu, care poate fi cu filet *9* (soclu Edison), sau tip baionetă *10*. Wolframul încălzit fiind foarte oxidabil, în balon trebuie să fie vid înaintat sau un amestec de gaze inerte (azot 14% și argon sau azot și cripton). Pînă la 25 W l.e. sînt cu vid, iar la puteri mai mari cu gaze inerte. Atmosfera gazoasă din balon micșorează vaporizarea wolframului, ceea ce permite ridicarea temperaturii filamentului, deci mărirea → *eficacității luminoase* și îmbunătățirea compoziției spectrale a luminii produse, care trece de la gălbui spre alb. **L.e.** *cu incandescență cu halogeni (cu ciclu regenerativ)*, construite după 1960, elimină depunerea wolframului vaporizat pe balon, mărind eficacitatea și durata de funcționare a l.e. Halogenul introdus în balon (iod, fluor, clor sau brom) formează cu wolframul vaporizat un compus volatil, care, în contact cu filamentul, regenerează wolframul, iar halogenul eliberat poate relua ciclul. **L.e** cu halogeni au, de regulă, filamentul dispus axial într-un tub de cuarț, capabil să suporte temperatura necesară producerii reacțiilor chimice. Gabaritul l.e. cu halogeni este mult mai redus decît al l.e. normale (fig. 159). Există două variante constructive: l.e. de formă liniară, cu socluri la extremități și l.e. cu balon dublu, cu un singur soclu cu filet (fig. 160). L.e. cu halogeni se aplică la faruri de automobil, balize de pe aeroporturi, proiectoare, iluminat local, iluminat public, pe străzi, șosele, terenuri de sport etc. **L.e.** cu halogeni de mare putere (peste 20 kW) se utilizează la încălzirea cu radiații infraroșii. *L.e. cu descărcări electrice în gaze sau vapori metalici* produc lumina cu urmare a excitării atomilor gazului în urma ciocnirii cu electronii liberi accelerați într-un cîmp electric *(→ descărcare electrică în gaze)*. Deși l.e. cu incandescență și l.e. cu descărcări au apărut cam în aceeași perioadă (1879, respectiv 1896), cele din urmă s-au dezvoltat numai în ultimele decenii, odată cu progresele realizate în fizica atomică, care a explicat fenomenele ce se produc la nivelul atomic al substanțelor. Mărirea efica-

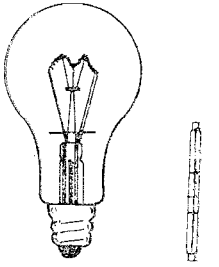


Fig. 159

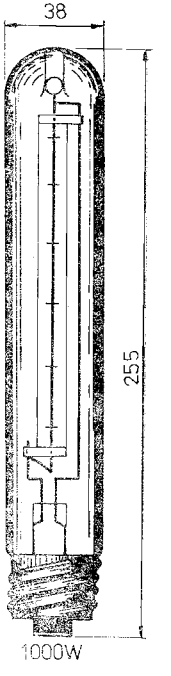


Fig. 160

citătii luminoase a l.e. cu descărcări s-a obținut prin utilizarea substanțelor fluorescente. **L.e.** *fluorescente cu vapori de mercur de joasă presiune (tuburi fluorescente)*, construite în 1935, sînt confecționate din tuburi de sticlă, pe peretele cărora s-a depus un strat de pulbere fină de substanță fluorescentă. La extremitățile tubului (fig. 161) sînt prevăzuți cîte doi

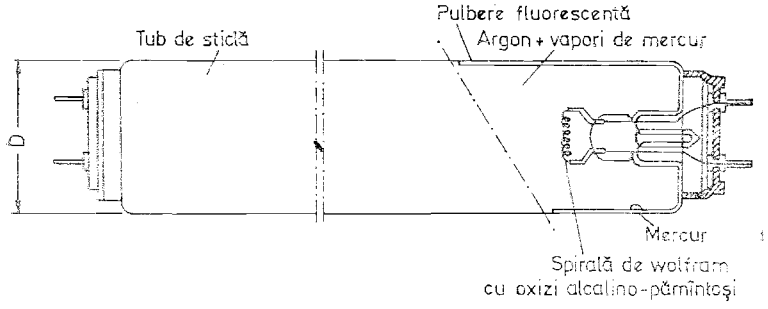


Fig. 161

electrozi, ce susțin cîte o spirală de wolfram, pe a cărei suprafață este depusă o anumită cantitate de oxizi alcalino-pămîntoși (oxizi de bariu, stronțiu sau calciu), care favorizează emisiunea termoelectronică a filamentului încălzit la 800...900°C. După evacuarea aerului din interiorul tubului, se introduc cîteva miligrame de mercur și argon sau neon la o presiune joasă (0,1...1 Nm^{-2}). Amorsarea descărcării se produce la un impuls de tensiune ridicată, mai întîi în argon (sau neon) și, mai apoi, în vapori de mercur. Radiațiile, în cea mai mare parte ultraviolete, sînt absorbite de substanța fluorescentă de pe pereții tubului și convertite în radiații vizibile, care pot fi apropiate de lumina naturală. Tubul fluorescent are nevoie de accesorii care să asigure încălzirea inițială a filamentelor, vîrful de tensiune pentru amorsarea descărcării și limitarea curentului, respectiv stabilizarea descărcării. Schema de conectare a unei l.e. fluorescente la rețeaua de curent alternativ (fig. 126) cuprinde → *starterul, S,* și → *balastul, L.* Tensiunea rețelei produce o descărcare electrică între electrozii bimetalici ai starterului, care deformîndu-se sub acțiunea căldurii degajate, închid circuitul de încălzire a filamentelor. După 1...2 s electrozii starterului se răcesc, bimetalul revine în poziția inițială și întrerupe curentul de încălzire. Variația curentului pînă la valoarea zero produce o tensiune de autoinducție pe bobina balast ($L\,di/dt$), care adunîndu-se la tensiunea rețelei, provoacă amorsarea descărcării electrice în tub. După amorsare tensiunea la bornele tubului scade, nemaifiind suficientă pentru aprinderea starterului; cea mai mare parte a tensiunii rețelei se aplică pe balast, deci factorul de putere al lămpii este inductiv ($\cos\varphi = 0{,}5$). Pentru ameliorarea factorului de putere se conectează condensatoare (de ordinul μF) în paralel cu circuitul l.e., sau se utilizează scheme speciale, cu balast capacitiv

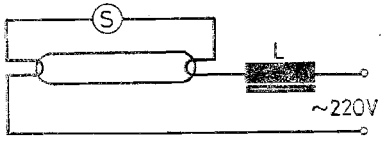


Fig. 162

(de ex.; montajul „duo", fig. 163). Montajul fără starter, utilizat la iluminatul exterior, folosește un balast format dintr-o bobină și un condensator, care în timpul încălzirii filamentului sînt înseriate și intră în rezo-

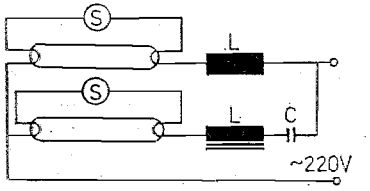


Fig. 163

nanță, tensiunea de pe condensator, mai mare decît tensiunea rețelei, fiind suficientă pentru amorsare. **L.e.** fluorescente au durată de funcționare mare (pînă la 10 000 ore, față de 1 000 ore la l.e. cu incandescență) fiind influențată de numărul de conectări; eficacitate luminoasă ridicată (50...70 lm/W) și luminanță redusă, care nu produce fenomenul de „orbire". L.e. fluorescente alimentate în curent alternativ pot da → *efect stroboscopic*, care în halele industriale se elimină prin alimentarea tuburilor de la faze diferite. *L.e. fluorescente cu vapori de mercur la presiune înaltă* (fig. 164) au tubul de

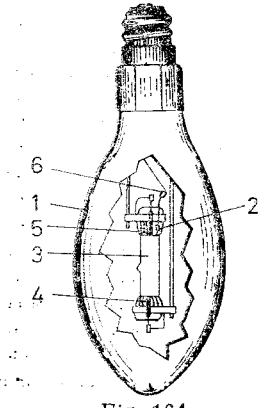


Fig. 164

descărcare din cuarț, închis într-un balon de sticlă, acoperit cu un strat fluorescent. Amorsarea descărcării electrice în tubul de cuarț se face cu ajutorul unui electrod auxiliar *2*, amplasat foarte aproape de electrodul superior *5* și conectat printr-o rezistență de valoare mare *6* la electrodul inferior *4*. Descărcarea produsă inițial între electrozii apropiați, într-un cîmp electric are intensitate mare, în mediu de argon, are loc după 5...10 min. (după vaporizarea mercurului și atingerea presiunii de regim), în vapori de mercur. Presiunea din tub de cîteva atmosfere are o astfel de valoare încît să favorizeze excitarea în trepte a atomilor de mercur, în urma cărora se emit radiații vizibile. Stabilizarea descărcării și limitarea curentului se face cu o bobină balast, cu miez de fier. La unele l.e. cu vapori de mercur balastul este de forma unui filament amplasat în jurul tubului de descărcare, care ajungînd la incandescență completează fluxul luminos emis de tub, îmbunătățindu-i compoziția spectrală. *L.e. cu vapori de sodiu de joasă presiune* dau o lumină monocromatică galbenă și au tubul de descărcare (cu temperatura de 350°C) introdus într-un balon sau tub exterior. Amorsarea se face fie cu ajutorul starterelor, în cazul folosirii electrozilor calzi, fie cu ajutorul unui transformator cu tensiunea de mers în gol de 300...600 V, care asigură și limitarea curentului de descărcare, datorită reactanțelor mari de scăpări. Amorsarea se produce, mai întîi, în neon sau argon, iar după cîteva minute continuă în vapori de sodiu. Eficacitatea luminoasă a acestor l.e. are valori record de 150 lm/W, lungimea de undă a luminii emise fiind egală cu cea corespunzătoare sensibilității maxime a ochiului. *L.e. cu vapori de sodiu de înaltă presiune* sînt asemănătoare cu l.e. cu vapori de mercur de înaltă presiune, avînd compoziția spectrală a luminii mai ameliorată față de l.e.

de joasă presiune, datorită apariției în spectru a zonei verde-roșu, și eficacitate luminoasă de 100 lm/W. Datorită proprietății luminii galbene de a favoriza vederea în ceață, **l.e.** cu vapori de sodiu se utilizează frecvent la iluminatul străzilor, șoselelor, tunelelor, cheiurilor, aeroporturilor etc. *L.e. cu descărcări în gaze inerte rarefiate* sînt **l.e.** luminescente de înaltă tensiune, folosite la iluminatul decorativ sau la reclame luminoase. Electrozii de oțel sînt acoperiți cu oxizi, pentru favorizarea emisiei electronice, și sînt alimentați de transformatoare de înaltă tensiune cu dispersie mare, la care tensiunea de mers în gol (1...12 kV) este de două ori mai mare decît la mers în sarcină. Pentru ameliorarea factorului de putere scăzut (0,3...0,4) în paralel cu înfășurarea primară a transformatorului se conectează condensatoare. Durata de funcționare, de cca 10 000 ore, este limitată de absorbția progresivă a gazului de către electrozi. *L.e. cu licărire*, de puteri mici (1...3 W) cu neon sau heliu, la joasă presiune (5...25 mm Hg), au electrozii de fier sau aluminiu foarte apropiați, încît apare numai lumina negativă. Avînd eficacități luminoase mici (cca 2 lm/W) se folosesc la semnalizare, stroboscopie, ca indicatoare de tensiune sau stabilizatoare de tensiune de puteri mici. *L.e. cu are* între electrozii de cărbune se folosesc la unele aparate de proiecție. *L.e. cu xenon*, de înaltă presiune (peste 1 at) și de foarte înaltă presiune (peste 30 at), fabricate la puteri foarte mari (zeci și sute de kW), au avantajul distribuției spectrale continue în domeniul vizibil, permițînd redarea corectă a culorilor. Se utilizează la iluminatul exterior (o singură **l.e.** cu xenon de 65 kW, montată la înălțimea corespunzătoare, asigură o iluminare de 100 lx pe o suprafață de peste 10 000 m²). Lămpile cu xenon speciale se utilizează în tehnica fotografică (→ *lampă fulger*).

lampă electrică de mină, lampă de forma unui proiector, care se poate fixa de casca mineruiui, alimentată de o baterie de acumulatoare, amplasată într-o cutie, care se poartă la centură. Curentul de alimentare poate avea două valori, în funcție de nivelul de iluminare dorit: 0,75 A, la deplasarea pe galerii, și 1 A, în timpul lucrului. Masa **l.e.** *de mină* este de cca 3 kg.

lampă electropneumatică, lampă de mină, fixă, cu incandescență sau cu vapori de mercur, de joasă sau înaltă presiune, alimentată de un generator individual acționat de o turbină de aer comprimat, luat de la conducta din galerie. Protecția antigrizutoasă este asigurată prin faptul că pătrunderea metanului în interiorul **l.e.** este împiedicată de aerul care iese din turbină. La spargerea tubului de sticlă sau a globului **l.e.** se întrerupe alimentarea cu aer a turbinei, deci și curentul electric.

lampă (electrică) fulger, lampă specială pentru iluminări mari necesare fotografierii. *L.f. cu magneziu*, utilizabilă o singură dată, are în interiorul balonului de sticlă umplut cu oxigen o foiță subțire de magneziu sau aluminiu, care la alimentarea filamentului se aprinde, arzînd cu o lumină foarte vie timp de 1/40...1/250 s. *L.f. electronică* este formată dintr-un tub cu descărcare electrică în *xenon*, alimentat prin descărcarea unui condensator, la tensiuni de cîteva mii de volți. Condensatorul se poate încărca de la o baterie de acumulatoare sau de la rețeaua de curent alternativ (fig. 165). Un electrod auxiliar de aprindere este pus sub tensiune de un transformator pe a cărui înfășurare secundară se descarcă un condensator auxiliar, conectat la un întreruptor sincronizat cu declanșatorul aparatului fotografic. Temperatura de culoare a „fulgerului" este de 5500...6300 K, aceeași cu a luminii solare (5200...5800 K).

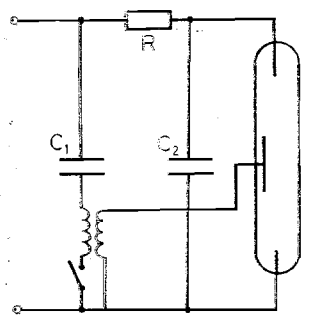


Fig. 165

Landau, Lev Davidovici (1908—1968), fizician sovietic. Profesor universitar la Moscova. Contribuții la *teoria cuantică a cîmpului electromagnetic*, în fizica solidului, în supraconductivitate, în fizica nucleară și în astrofizică (a intuit, încă din 1932, existența pulsarilor). Lucrări de electrotehnică teoretică, elaborate împreună cu E. Lifchitz. Laureat al Premiului Nobel pentru fizică (1962).

Langmuir, Irving (1881—1957), fizician, chimist și inginer american. Profesor universitar la Hoboken. În 1909, introduce în balonul *lămpilor cu incandescență* un amestec de azot și argon, micșorînd astfel vaporizarea filamentului de wolfram, a cărui temperatură s-a putut ridica la 2 800°C, fără să se micșoreze durata de funcționare, iar lumina a devenit mai albă și eficacitatea luminoasă mai mare decît la lămpile cu vid, utilizate pînă atunci. Contribuții la dezvoltarea tuburilor electronice (în 1906, introduce filamentul de wolfram la lămpile electronice; în 1912, construiește o triodă cu vid înaintat, tubul cu mai multe grile și stabilește, împreună cu A. Hall, legile emisiei termoelectronice). În 1916, a construit o *pompă de vid*, bazată pe difuziunea gazului ce trebuie scos, în vapori de mercur. A demonstrat că în condiții speciale se poate obține hidrogen atomic și a construit, în 1924, suflătorul *(suflaiul de sudare cu flacără)* cu hidrogen atomic, cu care a obținut temperatura de 4 200°C. Prin evaporarea în vid a heliului lichefiat a atins temperatura de 0,82 K. A propus metode de măsurare a temperaturii de topire a materialelor refractare și a obținut ploaia artificială (1950, împreună cu V. I. Schaefer), însămînțînd norii cu zăpadă carbonică. Studii privind fenomenul de givraj la avioane. În 1932, i s-a decernat Premiul Nobel pentru chimie.

lanț de izolatoare, ansamblu de izolatoare articulate între ele, folosit la prinderea de suporturi a conductoarelor multifilare ale liniilor de înaltă tensiune sau ale barelor stațiilor de transformare exterioare. Izolatoarele pot fi cu capă, cu inimă plină sau tip baston. **L.de i.** de suspensie sau de întindere, cuprinde armături de prindere și de protecție (coarne, inele de protecție etc.). Numărul de izolatoare de la un **l.de i.** depinde de tensiunea nominală a liniei, de tipul izolatorului, de nivelul de izolație impus și de condițiile de mediu.

laplacian (laplasian), operator diferențial linear de ordinul 2, care aplicat unui cîmp de scalari V reprezintă divergența gradientului acelui cîmp:

$$\Delta V = \text{div grad } V = \nabla(V) = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2}.$$

laser, dispozitiv de amplificare a luminii prin emisie stimulată (engl. light amplification by stimulated emission of radiation). În electrotehnică **l.** se aplică la sudarea electrică prin topire, la instalațiile cu plasmă, la măsurări electrice etc. Principiul sudării electrice cu **l.** este prezentat în fig. 166. Condensatorul încărcat cu un redresor se descarcă pe o → *lampă fulger (cu xenon)*, care iradiind un cristal de rubin cu fotoni

de energie bine determinată, provoacă descărcarea l. Un sistem optic conceutrează fasciculul l. pe locul de încălzit. *L.cu gaz* (CO_2) cu puteri de

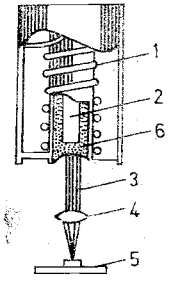


Fig. 166

cîțiva kW se folosesc la tăierea metalelor, materialelor plastice, textilelor, sticlei, lemnului etc. Dispozitivele de măsurare cu l. a curentului liniilor de înaltă tensiune, fără contact cu linia, folosesc fenomenul de rotire a direcției de polarizare a razelor l. de către cîmpul magnetic al liniei, cu un unghi proporțional cu intensitatea cîmpului magnetic, deci cu intensitatea curentului. Detectoare optice cu fotodiode convertesc în tensiune continuă semnale luminoase date de o prismă analizoare a unghiului de rotire a direcției de polarizare. Mărimea de ieșire a aparatului este diferența, amplificată, a acestor semnale. Precizia este de sub 1 %.

legare la neutru → **protecție prin legare la nul.**

legare la pămînt → **protecție prin legare la pămînt.**

legătură de joantă, conexiune între două șine ale căii ferate electrificate, legate prin joantă, executată din funie de cupru de secțiune mare cu scopul de a micșora rezistența de trecere a curentului de tracțiune, pentru micșorarea → *curenților vagabonzi* (care se închid prin pămînt). La căile ferate neelectrificate **l.de j.** asigură continuitatea electrică a → *circuitelor de cale* și se confecționează din sîrmă de cupru sau oțel.

legătură echipotențială, legătură de egalizare efectuată la înfășurarea indusului mașinii de curent continuu cu scopul de a diminua curenții de egalizare, care se închid prin perii între ramurile înfășurării conectate în paralel, produși de tensiunile inegale din acele ramuri ca urmare a nesimetriei magnetice a mașinii (fluxuri magnetice inegale sub diferite perechi de poli). **L.e.** unesc punctele din înfășurare, care în cazul ideal (fără nesimetrie) ar avea același potențial. **L.e.** fac ca periile să nu fie parcurse de curenți de egalizare, care ar înrăutăți comutația. Cîmpul magnetic de reacție al curenților de egalizare, care se închid prin **l.e.** tinde să egalizeze fluxurile magnetice ale diferiților poli, eliminîndu-se în mare măsură cauza care duce la curenți neegali sub perii.

lege *(în științele naturii)*, expresie matematică a legăturii generale, esențiale, dintre mărimile care caracterizează fenomenele din natură. **L.** este o relație sub cea mai generală formă, dedusă din experiență și nu este reductibilă la alte relații, presupuse cunoscute. **L.** care nu conține *constante de material* se numește *l.generală*, iar **l.** care conține astfel de constante — *l.de material*. În *electrotehnică* se cunosc 7 **l.** generale *(l. circuitului magnetic, l. conservării sarcinilor electrice, l. fluxului electric, l. fluxului magnetic, l. inducției electromagnetice, l. legăturii între E, D și P, l. legăturii între H, B și M)* și 5 **l.** de material *(l. conducției electrice; l. electrolizei, l. polarizației electrice, l. polarizației magnetice, l. transformării energiei în conductoare)*. Ansamblul **l.** electrotehnicii permite să se determine stările viitoare sau cele trecute ale sistemelor materiale izolate, în funcție de starea lor la un moment dat. Cu-

noașterea lor este esențială pentru aplicarea în practică a fenomenelor electromagnetismului. Propozițiile care rezultă din **l.** prin analiză logică sînt *teoreme*. Pe măsură ce știința înaintează unele **l.** considerate la un moment dat ca atare, pot fi deduse din **l.** mai generale, descoperite ulterior, devenind astfel, teoreme (de ex., teorema lui Coulomb, teoremele lui Kirchhoff, care în momentul descoperirii lor erau considerate **l.**).

legea circuitului magnetic, lege care stabilește legătura între intensitatea cîmpului magnetic, H, și curentul care produce acel cîmp magnetic. *Forma locală* (diferențială) a **l.c.m.** pentru corpuri imobile este : $\mathrm{rot}\,\bar{H} = \bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}$, unde $\bar{J}$ este vectorul densitate de curent de conducție, $\bar{D}$ — vectorul inducție electrică, t — timpul *(prima ecuație a lui Maxwell)*. *Forma integrală* a **l.c.m.** se obține din forma locală prin efectuarea unei integrale de suprafață S_Γ, ce se sprijină pe conturul Γ și prin aplicarea transformării de integrale Stokes

$$(\rightarrow cîmp): \int_{S_\Gamma} \mathrm{rot}\,\bar{H}\,\bar{ds} = \int_{S_\Gamma} \left(\bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t}\right)\bar{ds};$$

$$\oint_\Gamma \bar{H}\,\bar{dl} = I + \frac{\partial \psi}{\partial t},$$ unde $\bar{ds}$ este elementul de suprafață orientat, $\bar{dl}$ — elementul de linie orientat, I — curentul de conducție total ce trece prin suprafața delimitată de conturul închis, ψ — fluxul electric, iar $\frac{\partial \psi}{\partial t}$ reprezintă *curentul de deplasare*, introdus J. C. Maxwell. Curentul cuasistaționar de deplasare se poate neglija în conductoare, în regim cuasistaționar (la frecvențe sub 10^{10} Hz), dar are valori importante în dielectrici (de ex., între plăcile unui condensator conectat într-un circuit de curent alternativ). În absența dielectricilor **l.c.m.** capătă forma practică $\oint_\Gamma \bar{H}\,\bar{dl} = NI$, N fiind numărul de spire care înlănțuie conturul considerat (fig. 167) și se poate enunța astfel : *circulația*

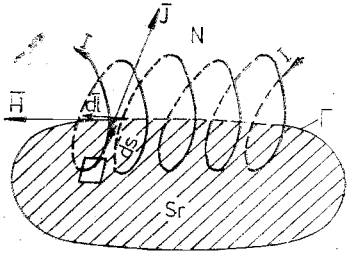


Fig. 167

cîmpului magnetic pe un contur închis este egală cu solenația cuprinsă în acel contur. În cazul corpurilor în mișcare, în **l.c.m.**, în afară de curentul de conducție și de deplasare, trebuie să se introducă *curentul de convecție* $\int_{S_\Gamma} \rho\bar{v}\,\bar{ds}$ (verificat experimental de H.A. Rowland și Eichenwald) și curentul *Röntgen* (teoretic) $\int_{S_\Gamma} \mathrm{rot}\,(\bar{D}\times\bar{v})\,\bar{ds}$, curenți care apar la deplasarea cu viteza v a sarcinilor electrice superficiale de pe conductoarele aflate în mișcare, de densitate ρ, respectiv a sarcinilor de pe dielectricii aflați în mișcare. Forma locală a **l.c.m.** pentru corpuri aflate în mișcare este : $\mathrm{rot}\,\bar{H} = \bar{J} + \frac{\partial \bar{D}}{\partial t} + \rho\bar{v} + \mathrm{rot}\,(\bar{D}\times\bar{v})$.

legea conducției electrice *(legea lui Ohm)*, aplicabilă mediilor conductoare la care electronii în mișcare întîmpină o rezistență (forță antagonistă) proporțională cu viteza, este o lege de material care stabilește legătura între densitatea curentului

de conducție J și intensitatea cîmpului electric din conductor E (forma locală), respectiv între intensitatea curentului și tensiune (forma integrală). Forma locală (diferențială) a **l.c.e.** este $J = \sigma E$, unde σ este conductivitatea materialului conductor considerat; $\sigma = 1/\rho$, ρ fiind rezistivitatea. Forma integrală a **l.c.e.** (legea lui Ohm), pe o porțiune de circuit fără cîmp imprimat (fără tensiuni electromotoare), străbătută de curentul I, avînd între punctele extreme o diferență de potențial (tensiune) U este $I = U/R$, R fiind rezistența electrică a circuitului.

legea conservării sarcinii electrice, lege care se referă la sarcina electrică aflată într-un spațiu delimitat de o suprafață închisă. În *regim electrostatic*, suma algebrică a sarcinilor electrice repartizate în diferite puncte ale unui sistem izolat de corpuri este constantă. Sarcinile electrice nu pot fi nici create, nici distruse, ci doar deplasate, iar cele două feluri de sarcină (pozitivă și negativă) apar întotdeauna simultan și au valori egale (lege enunțată de M. Faraday). În regim electrocinetic, dacă suprafața închisă (fig. 168), este străbătută de

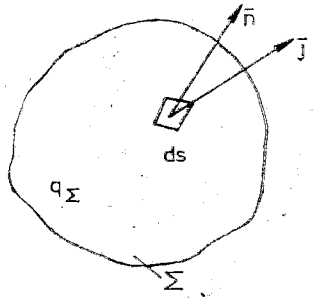


Fig. 168

conductoare parcurse de curent, sarcina din interiorul suprafeței scade, viteza de scădere fiind egală cu intensitatea curentului prin secțiunea conductoarelor *(legea continuității)*. $-\frac{dq_\Sigma}{dt} = i_\Sigma$ (cînd q scade $dq < 0$, iar $i > 0$). Forma locală (diferențială) a **l.c.e.s.e.** este: $-\frac{\partial \rho_V}{\partial t} = \operatorname{div} \bar{J}$, adică viteza de scădere a densității volumetrice de sarcină electrică într-un punct este egală cu divergența vectorului densitate de curent în acel punct.

legea electrolizei *(legea lui Faraday)*, lege care stabilește legătura dintre sarcina electrică transportată într-un electrolit și cantitatea de substanță separată prin electroliză și anume: masa substanței m, eliberată din electrolit într-un interval de timp t este proporțională cu cantitatea de electricitate (sarcina electrică) Q transportată la trecerea curentului I prin electrolit în intervalul de timp considerat $m = KQ = KIt$. Factorul de proporționalitate K se numește *echivalent electrochimic*, $K = A/(nF)$, unde A este masa atomică, n — valența cu care intră elementul respectiv în combinația chimică din care se separă, F — numărul lui Faraday; $F = Ne$, N — numărul lui Avogadro, e — sarcina electrică elementară (→ *tabelul* 2). **L.e.** a servit, mai înainte, la definirea unității de intensitate a curentului electric *(amperul internațional)*, care reprezintă curentul ce depune prin electroliza azotatului de argint, într-o secundă, o cantitate de 1,118 mg argint.

legea fluxului electric, stabilește dependența dintre fluxul vectorului inducție electrică, $\bar{D}$, printr-o suprafață închisă Σ, și sarcina electrică totală localizată în interiorul acelei suprafețe q_Σ, $\oint_\Sigma \bar{D} \cdot d\bar{s} = q_\Sigma$ (forma integrală). Forma locală (diferențială) a **l.f.e.** este $\operatorname{div} \bar{D} = \rho$ și se obține aplicînd transformarea de integrale a lui

Gauss ($\rightarrow$ *cîmp*): $\oint_\Sigma \bar{D} \cdot d\bar{s} = \int_{V_\Sigma} dv \operatorname{div} \bar{D} = q_\Sigma = \int_{V_\Sigma} \rho \, dv$, unde ρ este densitatea volumetrică a sarcinii electrice.

legea fluxului magnetic, lege care arată caracterul conservativ al fluxului magnetic: fluxul vectorului inducție magnetică $\bar{B}$ prin orice suprafață închisă este egal cu zero. $\oint_\Sigma \bar{B} \cdot d\bar{s} = 0$ (forma integrală). Forma locală (diferențială) a **l.f.m.** este $\operatorname{div} \bar{B} = 0$ și se obține prin aplicarea transformării de integrale Gauss:

$$\oint_\Sigma \bar{B} \cdot d\bar{s} = \int_{V_\Sigma} dv \operatorname{div} \bar{B} = 0.$$

L.f.m. sub formă locală arată că inducția magnetică este vectorul unui cîmp *solenoidal* (rotațional), fără surse; liniile de cîmp ale lui $\bar{B}$ sînt linii *închise*.

legea inducției electromagnetice, lege care stă la baza conversiei electromagnetice a energiei: tensiunea electromotoare produsă prin inducție într-un circuit închis Γ (circulația intensității cîmpului electric $\bar{E}$) este egală cu viteza de variație în timp, cu semn schimbat, a fluxului magnetic printr-o suprafață deschisă oarecare S_Γ care se sprijină pe conturul considerat,

$$u_e = \oint_\Gamma \bar{E} \cdot d\bar{l} = -\frac{d}{dt} \int_{S_\Gamma} \bar{B} \, d\bar{s}$$

(forma integrală),
sau forma dată de M. Faraday, cu semnul minus de la regula lui Lenz, $u_e = -\frac{d\Phi}{dt}$. Forma locală (diferențială) a **l.i.e.** se obține prin aplicarea transformării de integrale Stokes: $\oint_\Gamma \bar{E} \cdot d\bar{l} = \int_{S_\Gamma} \operatorname{rot} \bar{E} \cdot d\bar{s} = -\int_{S_\Gamma} \frac{d\bar{B}}{dt} \cdot d\bar{s}$, deci $\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{d\bar{B}}{dt}$ (a doua ecuație a lui Maxwell). În cazul corpurilor în mișcare, **l.i.e.** se poate pune sub forma dată de H. Hertz, $\operatorname{rot} \bar{E} = -\frac{\partial \bar{B}}{\partial t} - \operatorname{rot}(\bar{B} \times \bar{v})$, forma locală și $\oint_\Gamma \bar{E} \cdot d\bar{l} = -\int_{S_\Gamma} \frac{\partial \bar{B}}{\partial t} d\bar{s} - \oint_\Gamma d\bar{l}(\bar{B} \times \bar{v})$, forma integrală. Primul termen al tensiunii electromotoare din această expresie se induce prin *transformare* (formulă utilizată, de ex. la transformatoare), iar al doilea termen — prin *mișcare*, sau în cazul mașinilor electrice rotative, prin *rotație*.

legea legăturii dintre $\bar{D}$, $\bar{E}$ și $\bar{P}$, lege care arată contribuția polarizației electrice $\bar{P}$ la perturbarea cîmpului electric în mediile dielectrice: inducția electrică $\bar{D}$, în orice punct al unui corp, este numeric egală cu suma inducției electrice în vid ($\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E}$) și polarizației electrice $\bar{P}$, $\bar{D} = \varepsilon_0 \bar{E} + \bar{P}$. În materiale lineare și izotrope, vectorii $\bar{P}$ și $\bar{E}$ sînt paraleli, deci $\bar{D}$ și $\bar{E}$ sînt coliniari, astfel că se poate scrie $\bar{D} = \varepsilon \bar{E}$, cu $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$, unde ε reprezintă permitivitatea absolută a dielectricului considerat, ε_r — permitivitatea sa relativă, iar ε_0 — permitivitatea vidului. Legea de legătură dintre inducția electrică și intensitatea cîmpului electric are valabilitate generală, atît în regim electrostatic, cît și în cazul cîmpurilor electrice variabile în timp; împreună cu legea legăturii dintre $\bar{B}$, $\bar{H}$ și $\bar{M}$ și cu cele două ecuații ale lui Maxwell, se utilizează, de ex., la studiul **propagării undelor electromagnetice în corpuri.**

legea legăturii dintre $\overline{B}$, $\overline{H}$ şi $\overline{M}$, lege conform căreia într-un material cîmpul de inducţie magnetică $\overline{B}$ se poate considera ca fiind dat de suprapunerea cîmpului inducţiei magnetice $\overline{B}_0 = \mu_0\overline{H}$ care ar exista în spaţiul vid, cu cîmpul vectorului polarizaţie magnetică $\overline{M}$, datorat magnetizării mediului (→ *feromagnetism*), $\overline{B} = \mu_0\overline{H} + \overline{M}$. În cazul magneţilor permanenţi, cu polarizaţie magnetică permanentă $\overline{M}_0$, legea se scrie: $\overline{B} = \mu_0\overline{H} + \overline{M} + \overline{M}_0$. În corpuri liniare şi izotrope $\overline{B}$ şi $\overline{H}$ sînt coliniari, deci se poate scrie $\overline{B} = \mu\overline{H}$, cu $\mu = \mu_0\,\mu_r$ unde μ este **permeabilitatea** absolută a materialului considerat, μ_r — permeabilitatea sa relativă şi μ_0 — permeabilitatea vidului. Legea legăturii dintre **inducţia** magnetică şi intensitatea cîmpului magnetic are valabilitate generală, atît în regim magnetostatic, cît şi în cazul cîmpurilor magnetice variabile în timp.

legea lui Faraday, **legea electrolizei**.

legea lui Joule, **legea transformării energiei în conductoare**.

legea lui Ohm, **legea conducţiei electrice**.

legea magnetizaţiei temporare → **legea polarizaţiei magnetice temporare**.

legea polarizaţiei electrice temporare, lege stabilită experimental pentru dielectrici fără polarizare electrică permanentă, care arată legătura dintre polarizaţia electrică, $\overline{P}$, şi intensitatea cîmpului electric, $\overline{E}$, în care se introduce dielectricul supus polarizării: polarizaţia temporară este proporţională cu intensitatea cîmpului electric $\overline{P} = \varepsilon_0\chi_e\overline{E}$, unde ε_0 este permitivitatea vidului, iar χ_e — susceptivitatea electrică, care este o constantă de material. La corpurile lineare, susceptivitatea electrică este o constantă, la cele nelineare, $\chi_e = f(E)$. În medii izotrope vectorul polarizaţie este coliniar cu vectorul intensitate de cîmp electric, în medii anizotrope, cei doi vectori nu sînt coliniari, iar studiul cîmpului se face cu ajutorul calculului tensorial (χ_e este un tensor de ordinul doi).

legea polarizaţiei magnetice temporare, lege stabilită experimental pentru medii fără polarizaţie magnetică permanentă (→ *magnetizaţie*) conform căreia polarizaţia magnetică temporară, $\overline{M}$, este proporţională cu intensitatea cîmpului magnetic, $\overline{H}$, care o determină, $\overline{M} = \mu_0\chi_m\overline{H}$, unde μ_0 este permitivitatea magnetică a vidului, iar χ_m — susceptivitatea magnetică. În medii magnetice izotrope χ_m este un *scalar*, în medii anizotrope — un *tensor*. Corpurile sînt: *diamagnetice*, dacă $\chi_m < 0$; — *paramagnetice*, dacă $\chi_m > 0$; *feromagnetice*, dacă $\chi_m \gg 1$. În locul vectorului polarizaţie magnetică $\overline{M}$ se poate folosi vectorul *magnetizaţie*, $\overline{M}' = \chi_m\overline{H}$ (*legea magnetizaţiei temporare*).

legea transformării energiei în conductoare (*legea lui Joule*), lege care arată că la trecerea curentului electric prin conductoare energia electromagnetică (energia electrică) se transformă în căldură, datorită lucrului mecanic necesar deplasării purtătorilor mobili de sarcină electrică. Forma locală (diferenţială) a **l.t.e. în c.** se referă la puterea disipată sub formă de căldură în unitatea de volum a conductorului, p, care este egală cu produsul scalar al vectorilor intensitate de cîmp electric $\overline{E}$ şi densitate de curent $\overline{J}$, $p = \overline{J}\cdot\overline{E}$, W/m³. În curent continuu şi în curent alternativ unde → *efectul pelicular* este neglijabil, se poate considera J = const, deci ţinînd seama de legea conducţiei electrice $J = \sigma E = E/\rho$, $p = \sigma E^2 = \rho J^2$, unde σ este conductivitatea electrică şi ρ — rezistivitatea conductorului. Forma integrală **l.t.e. în c.**, pentru conductoare omogene, se obţine prin integrarea puterii specifice p pe întregul volum al conductorului, $P = \int_V (\overline{J}\overline{E})\,dv = \int_S \overline{J}\,\overline{ds} \int_l \overline{E}\,\overline{dl} =$

$= IU = U^2/R = I^2R$, W, adică puterea disipată într-un conductor de rezistenţă R, parcurs de curentul I, este proporţională cu rezistenţa conductorului şi cu pătratul curentului. Căldura degajată într-un interval de timp t (energia transformată în căldură) este $Q = IUt = U^2t/R = I^2Rt$, în J.

Lenz, Heinrich Friedrich Emil 1804—1865), fizician rus de origine germană. Profesor universitar la Petersburg. Cercetări în domeniul electromagnetismului. În 1833, enunţă regula, care-i poartă numele, de determinare a sensului tensiunii electromotoare induse (→ *regula lui L.*). În 1835, observă creşterea rezistenţei electrice a metalelor cu creşterea temperaturii. Studii asupra efectului Peltier şi maşinilor de inducţie. A inventat un procedeu balistic de măsurare a fluxului magnetic. Contribuţii în geofizică.

Leonida, Dimitrie (1883—1965), inginer energetician român. Profesor universitar la Timişoara şi Bucureşti. În 1908, în lucrarea sa de diplomă a proiectat amenajarea hidroenergetică de la Bicaz, lacul de acumulare şi barajul avînd caracteristici apropiate de cele realizate peste 50 de ani. A militat pentru electrificarea României (proiectul termocentralei de la Grozăveşti, electrificarea liniilor de tramvai din Bucureşti) şi pentru introducerea tracţiunii electrice pe calea ferată (a elaborat, încă înainte de război, un proiect de electrificare a liniei ferate Braşov — Ploieşti). Contribuţii la dezvoltarea învăţămîntului electrotehnic românesc (Şcoala de electricieni şi mecanici de la Bucureşti, 1908). A întemeiat Muzeul tehnic din Bucureşti, care-i poartă numele.

leteroid → fibră vulcan.

limitator de cursă, aparat de comutaţie de joasă tensiune cu contacte acţionate de o pîrghie cu rolă sau cu bilă, la depăşirea unei valori impuse pentru cursa unei piese aflate în mişcarea de translaţie. **L.de c.** cu şurub fără fine limitează unghiul de rotire. Se utilizează la comanda automată a maşinilor-unelte, instalaţiilor de ridicat etc. Curenţii nominali ai contactelor sînt de 2...6 A.

limitator de mers în gol, dispozitiv electromagnetic sau electronic folosit la deconectarea unor utilaje (maşini-unelte, transformatoare de sudare etc.) la funcţionarea în gol cu scopul economisirii energiei active sau micşorării puterii reactive (motoarele asincrone care funcţionează în gol au un factor de putere de numai 0,15...0,2).

linie de cîmp, linie folosită la reprezentarea cîmpurilor vectoriale, tangentă la vectorii cîmpului în punctul lor de aplicaţie (→ *cîmp*). Impropriu, linie de forţă.

linie de contact, linie electrică de transport al energiei electrice destinată alimentării unor receptoare mobile (vehicule acţionate electric, maşini de ridicat şi de transportat etc.), prin intermediul contactului mobil dintre → *firul de contact* şi → *captatorul de curent*. Tipul constructiv al **l.de c.** depinde de tipul şi de viteza de deplasare a vehiculului. Vehiculele cu şine de rulare necesită un singur fir de contact. **L.de c.** cu 3 fire şi alimentare trifazată a avut o aplicare limitată, la vehicule, fiind în schimb răspîndită la alimentarea podurilor rulante. **L.de c.** este cu *suspensie simplă*, la viteze sub 30...40 km/h, sau cu → *suspensie catenară*, care poate fi necompensată sau compensată. **L.de c.** este împărţită în tronsoane de 1...1,5 km, numite zone de ancorare, la capetele cărora firul de contact şi cablul purtător sînt ancorate de stîlpi cu rezistenţă mecanică sporită, cu ajutorul unor compensatoare cu contragreutăţi, care asigură o forţă de întindere constantă în fir, independent de variaţiile sezoniere de temperatură. Trecerea pantografului (captatorului) de pe o zonă de ancorare pe alta se

face în dreptul → *joncțiunilor*, izolate sau neizolate electric, în momentul în care acesta apasă ambele fire de contact ale celor două zone. Din punct de vedere electric, **l.de e.** este împărțită în *secții*, care pot fi izolate una de alta. *Secționarea* **l.de e.** se face cu scopul de a se putea izola o secție avariată sau la care se execută lucrări, fără ca restul liniei să fie scoasă de sub tensiune. *Secționarea longitudinală* se face la căile ferate duble, cu ajutorul *izolatoarelor de secționare*. *Secționarea transversală* se face cu ajutorul *separatoarelor de secționare*, în dreptul joncțiunilor izolate, de regulă la intrarea din stații sau ieșirea lor din stații. La căile ferate electrificate în curent alternativ monofazat, secțiile **l.de e.** aparținînd la faze diferite se separă prin *zone neutrale*, care sînt porțiuni ale **l.de e.** fără tensiune, delimitate de joncțiuni izolate (trecerea locomotivei pe aceste secții izolate se face prin inerție). **L.de e.** de tracțiune electrică se alimentează prin *fideri*, de la → *substații de tracțiune*.

linie electrică de energie, linie de transmitere, la distanță, a energiei electromagnetice. **L.e.de e.** sînt părți componente ale → *rețelelor electrice* și pot fi de *transport* și de *distribuție* (de alimentare). **L.e.de e.** lucrează la tensiuni cu atît mai ridicate, cu cît sînt mai mari puterea și distanța la care se transportă energia. Tensiunile nominale (între faze) standardizate ale **l.e. de e.** de curent alternativ sînt: 380, 660 V; 6, 10, 20, 35, 110, 220 și 400 kV, existînd tendința trecerii la 750 kV (tensiunile existente în unele linii, de 500 V, 1000 V, 25, 30, 60 kV nu se mai utilizează în instalațiile noi). **L.e.de e.** de transport în curent continuu, construite în unele țări, permit ridicarea tensiunii nominale la peste 1000 kV. Schemele de alimentare, cu linii care leagă barele secundare ale unei → *stații de transformare* sau de *conexiuni* și barele primare ale → *posturilor de transformare* pot fi *radiale* sau cu *linii principale*, cu derivații din linie, simple sau buclate. **L.e.de e.** se împart în linii aeriene și linii subterane. *L.e.de e. aeriene* sînt mai ieftine decît cele subterane (de cca 2,5 ori), dar au, în general, siguranță mai redusă în funcționare, fiind supuse acțiunii agenților atmosferici. Ele sînt constituite din *conductoare* neizolate suspendate de suporturi (stîlpi de lemn, beton sau oțel) prevăzute cu traverse și console, prin intermediul *izolatoarelor* și *armăturilor* (de prindere și de protecție a izolatoarelor). Traseul liniei se stabilește ținînd cont de posibilitatea accesului la linie, în timpul construcției și exploatării, și de evitarea zonelor locuite, care impun condiții de siguranță mărită, costisitoare (stîlpi speciali). Liniile electrice aeriene de înaltă tensiune se construiesc cu unul sau două circuite trifazate, cele de joasă tensiune, cu unul sau mai multe circuite, monofazate sau trifazate. Izolatoarele sînt de tip suport, pînă la 35 kV și de tip suspendat, la tensiuni mai mari, formînd → *lanțuri de izolatoare*. Conductoarele pot fi de cupru, bronz, aluminiu, oțel-cupru sau oțel-aluminiu (ultimele sînt utilizate, aproape exclusiv, la liniile de înaltă tensiune), *monofilare* (la secțiuni mici), sau *multifilare* (funie plină sau cu gol în interior). La **l.e. de e.** aeriene de foarte înaltă tensiune (400 kV) se folosesc conductoare *jumelate*, formate din două sau trei conductoare multifilare pe fiecare fază, distanțate cu ajutorul unor distanțiere metalice, cu scopul micșorării pierderilor prin → *efect coronă*. Conductoarele de protecție (→ *fir de gardă*) se fac, de regulă, din funii de oțel. Stîlpii liniilor pot fi de susținere, de întindere, terminali, de colț și speciali. Stîlpii de susținere preiau numai eforturi verticale; la ruperea unui conductor, clema (cu declanșare automată) de prindere la lanțul de izolatoare a stîlpului de susținere permite alunecarea conductorului și

descărcarea izolatoarelor de efortul orizontal de tracțiune. Pentru ca acest deranjament să nu se extindă pe întreaga lungime a liniei, din loc în loc se amplasează stîlpi de întindere. Stîlpii terminali sînt solicitați în permanență la eforturi orizontale și verticale. Stîlpii speciali se utilizează la traversarea unor zone populate, rîuri, șosele sau la → *transpoziția* fazelor. Dispoziția conductoarelor pe stîlpi (coronamentul stîlpului) se face ținînd cont de asigurarea simetriei sistemului trifazat, a distanțelor minime dintre conductoare și pămînt (suporturi sau conductoare de protecție, conectate la pămînt prin priza existentă la fiecare stîlp). **L.e. de e.** aeriene cu două circuite, cîte unul de fiecare parte a stîlpului, folosesc dispoziția cu drept (conductoarele sînt dispuse pe laturile unui unghi ascuțit cu vîrful în sus), cu întors (unghi cu vîrful întors în jos) sau hexagon (în vîrfurile unui hexagon). **L.e. de e.** aeriene sînt supuse la solicitări mecanice și electrice. Calculul mecanic de determinare a forței de întindere sau a săgeții conductorului se face pentru condiția cea mai defavorabilă, care poate interveni fie la temperatura minimă (−30°C), cînd conductorul este supus numai la acțiunea greutății proprii, fie la temperatura de depunere a → *chiciurii* (−5°C), cînd se consideră greutatea proprie, greutatea chiciurii și presiunea dinamică dată de vînt. Grosimea chiciurii (densitatea 0,9 kg/dm³) și viteza vîntului se ia în funcție de regiunea meteorologică în care se află **l.e. de e.** aeriană: regiunea I (Moldova, Muntenia, Dobrogea), 1,7 cm, respectiv 15 m/s; regiunea II (Transilvania), 1,5 cm, respectiv 10 m/s (în zonele de munte viteza vîntului se ia 25, respectiv 15 m/s). Rezistența admisibilă la rupere se adoptă luînd următorii coeficienți de siguranță: 2 pentru funie și 2,5 pentru conductoare masive, iar în zonele locuite, la intersecția cu alte linii, peste șosele, căi ferate, 3, respectiv 3.5. Sub acțiunea sarcinilor mecanice conductorul ia forma curbei numite lănțișor, care pentru cazurile practice se poate aproxima cu o parabolă. Săgeata și lungimea conductorului între punctele de susținere se calculează cu formula: $f = a^2g/(\beta\sigma_0)$ și $l = a + a^3g^2/(24\sigma_0^2)$, unde a este deschiderea (distanța pe orizontală măsurată între punctele de suspensie), g — greutatea specifică a conductorului (N/m³), σ_0 — efortul unitar dat de forța orizontală, care depinde de temperatură și de g. Calculînd săgețile la diferite temperaturi, pentru diferite deschideri ale liniei se întocmesc *tabele de montaj*, cu ajutorul cărora se întind conductoarele. *L.e. de e.* subterane sînt executate cu → *cabluri de energie* și se folosesc, în general, în rețelele electrice de distribuție (→ *pozarea cablurilor*). Înainte de punerea în funcțiune și periodic, în exploatare, izolația cablurilor **l.e. de e.** subterane se încearcă cu tensiune înaltă continuă, egală cu $5\,U_n$, obținută de la redresoare cu kenotroane, timp de 30...40 min. Valoarea rezistenței de izolație se determină cu ajutorul curentului de fugă citit la un miliampermetru. Utilizarea tensiunii alternative la încercarea cablurilor de înaltă tensiune nu este recomandabilă, datorită puterii reactive mari, determinate de reactanța capacitivă a cablurilor. Calculul electric de dimensionare a **l.e.de e.** urmărește determinarea secțiunii conductoarelor în funcție de puterea transportată și de lungimea liniei, ținînd seama de încălzirea admisibilă și de pierderile de tensiune admise.

linii lungi, linii al căror calcul nu poate fi făcut prin considerarea parametrior concentrați, ci repartizați uniform de-a lungul liniei (la frecvența industrială de 50 Hz, se consideră **l.l.** liniile cu tensiuni peste 100 kV și lungime mai mare de 100 km). Cu ajutorul parametrilor *lineici* (raportați la unitatea de lungime), rezistența

lineică r, Ω/m, inductivitatea lineică l, H/m, capacitatea lineică c, F/m, perditanța lineică (conductanța izolației), g, S/m, se stabilesc *ecuațiile diferențiale ale* l.l. *(ecuațiile telegrafiștilor)*: $-\partial u/\partial x = ri + l\partial i/\partial t$ (scăderea tensiunii pe unitatea de lungime a liniei este egală cu căderea de tensiune pe rezistența ambelor conductoare adunată cu căderea de tensiune inductivă, pe unitatea de lungime); $-\partial i/\partial x = gu + c\partial u/\partial t$ (scăderea curentului pe unitatea de lungime a liniei este egală cu suma curentului de fugă prin izolație și curentului de încărcare cu sarcină a conductoarelor, pe unitatea de lungime). Prin separarea variabilelor se obțin ecuațiile diferențiale cu derivate parțiale de ordinul II ale tensiunii și curentului: $\partial^2 u/\partial x^2 = rgu + (rc + lg)\partial u/\partial t + lc\partial^2 u/\partial t^2$

$\partial^2 i/\partial x^2 = rgi + (rc + lg)\partial i/\partial t + lc\partial^2 i/\partial t^2$.

În regim permanent sinusoidal ecuațiile l.l. devin, în reprezentare complexă: $-\mathrm{d}\underline{U}/\mathrm{d}x = (r + j\omega l)\underline{I}$; $-\mathrm{d}\underline{I}/\mathrm{d}x = (g + j\omega c)\underline{U}$ respectiv $\mathrm{d}^2\underline{U}/\mathrm{d}x^2 = (r + j\omega l)(g + j\omega c)\underline{U}$ și $\mathrm{d}^2\underline{I}/\mathrm{d}x^2 = (r + j\omega l)(g + j\omega c)\underline{I}$. Notînd cu $\underline{\gamma} = \alpha + j\beta = \sqrt{(r + j\omega l)(g + j\omega c)}$, se poate scrie $\mathrm{d}^2\underline{U}/\mathrm{d}x^2 = \gamma^2\underline{U}$ și $\mathrm{d}^2\underline{I}/\mathrm{d}x^2 = \gamma^2\underline{I}$, ecuații diferențiale care au ca soluții: $\underline{U}(x) = \underline{A}_1 \exp(-\underline{\gamma}x) + \underline{A}_2 \exp(\underline{\gamma}x)$ și $\underline{I}(x) = \underline{A}_1 \exp(-\underline{\gamma}x)/\underline{Z}_c - \underline{A}_2 \exp(\underline{\gamma}x)/\underline{Z}_c$, în care $\underline{A}_1$ și $\underline{A}_2$ sînt constante complexe de integrare care se determină din condițiile de la capetele liniei, iar $\underline{Z}_c = \sqrt{(r + j\omega l)/(g + j\omega c)}$ este → *impedanța caracteristică a* l.l. Aceste soluții arată că atît tensiunea, cît și curentul se compun din *unde atenuate*: o *undă directă*, care se propagă de la sursă către receptor și o *undă inversă* (reflectată), care se propagă de la receptor către sursă. Constanta $\underline{\gamma}$ se numește *constantă de propagare* a l.l. și arată variația pe care o suferă amplitudinea (dată de *constanta de atenuare* α) și faza undei de tensiune, respectiv de curent (dată de *constanta de defazaj* β), cînd se parcurge unitatea de lungime a l.l. Prin determinarea constantelor de integrare $\underline{A}_1$ și $\underline{A}_2$ ecuațiile l.l. se pot scrie în funcție de tensiunea și curentul de la bornele de intrare $\underline{U}_1$ și $\underline{I}_1$: $\underline{U}(x) = \underline{U}_1 \mathrm{ch}\,\underline{\gamma}x - \underline{Z}_c\underline{I}_1 \mathrm{sh}\,\underline{\gamma}x$; $\underline{I}(x) = \underline{I}_1 \mathrm{ch}\,\underline{\gamma}x - \underline{U}_1 \mathrm{sh}\,\underline{\gamma}x/\underline{Z}_c$, funcțiile hiperbolice fiind definite de relațiile $\mathrm{ch}\,v = \frac{1}{2}[\exp(v) + \exp(-v)]$, $\mathrm{sh}\,v = \frac{1}{2}[\exp(v) - \exp(-v)]$. Mărimile de intrare și de ieșire sînt legate de relații asemănătoare cu ale unui → *cuadripol*: $\underline{U}_1 = \underline{U}_2 \mathrm{ch}\,\underline{\gamma}l + \underline{I}_2\underline{Z}_c \mathrm{sh}\,\underline{\gamma}l$, $\underline{I}_1 = \underline{U}_2 \mathrm{sh}\,\underline{\gamma}l/\underline{Z}_c + \underline{I}_2 \mathrm{ch}\,\underline{\gamma}l$, l fiind lungimea l.l. Determinarea experimentală a impedanței caracteristice se poate face prin măsurători în gol (U_{1g}, I_{1g}) și în scurtcircuit (U_{1k}, I_{1k}) cu relația $\underline{Z}_c = \sqrt{\underline{Z}_{1g} \cdot \underline{Z}_{1k}}$, unde $\underline{Z}_{1g} = \underline{U}_{1g}/\underline{I}_{1g}$; $\underline{Z}_{1k} = \underline{U}_{1k}/\underline{I}_{1k}$. Ca valori orientative pentru impedanța caracteristică se pot lua $Z_c = 400\ \Omega$ la l.e.a. și $Z_c = 40\ \Omega$ la l.l. subterane, în cabluri. O l.l. este *adaptată* (fără a se produce unde reflectate), dacă este conectată la un receptor avînd impedanța egală cu impedanța caracteristică a l.l.

linii seurte, linii de alimentare a cuptoarelor cu arc electric, cuprinse între bornele secundare ale transformatorului și electrozii cuptorului. Parametrii l.s. (rezistența și reactanța), împreună cu parametrii transformatorului și ai reactorului de limitare a curenților de scurtcircuit influențează considerabil indicatorii tehnico-economici ai cuptorului; randamentul, factorul de putere și consumul specific de energie electrică. L.s. monofilară utilizată la cuptoare mici (pînă la 10 tone capacitate) are dezavantajul că produce fenomene de nesimetrie în funcționarea cuptorului, datorită reactanțelor diferite pe cele trei faze, curenții și puterile active ale celor trei faze fiind diferite,

diferența dintre puterea fazei *tari* și a fazei *slabe*, raportată la puterea medie pe fază (gradul de nesimetrie) putînd lua valori de peste 30 %. L.s. bifilare aplicabile în mod eficient la cuptoare mari, reduc nesimetria pînă la 6 %.

lipire electrică, procedeu de îmbinare nedemontabilă cu ajutorul → *aliajelor de lipit*, încălzite cu ciocanul electric de lipit (letcon), folosit, frecvent, la îmbinarea capetelor de bobină ale înfășurărilor mașinilor electrice (de regulă, l.e. moale), la fixarea papucilor de conductoarele de cupru etc.

liță, conductor multifilar flexibil, confecționat dintr-un număr mare de fire subțiri de cupru (sub 0,3 mm diametru), folosit în conductoarele flexibile și în cordoane de alimentare.

lm → lumen.

lms → lumensecundă.

localizarea defectelor pe linii, identificare, prin metode electromagnetice, a locului unui defect pe liniile electrice de energie (de regulă, *subterane*), în scopul remedierii deranjamentului și repunerii liniei în funcțiune. Cele mai simple metode de l.d. pe l. la scurtcircuite sau puneri la pămînt sînt bazate pe măsurarea rezisteței (de ex., cu → *punți de măsură* de curent continuu) înainte și după defect; poziția defectului se află din raportarea rezistențelor, proporționale cu lungimea. La defecte de întrerupere a vinelor cablului se determină capacitatea față de pămînt a firului întrerupt, cu ajutorul unei punți de curent alternativ, cu cască telefonică drept indicator de zero. Metodele bazate pe inducția electromagnetică folosesc generatoare de audiofrecvență (800... ...1 000 Hz) cu care se alimentează un capăt al cablului. Apropiind de traseul cablului un cadru (bobină) de explorare, legat la un receptor-amplificator audio cu cască telefonică, zgomotul se aude numai pînă la locul scurtcircuitului, după care dispare. Aparatele de acest tip, numite *căutătoare* (locatoare) de defecte, pot fi utilizate și la stabilirea traseelor cablurilor bune. Metodele moderne de l.d. pe l. folosesc tehnica impulsurilor și se bazează pe același principiu ca și radarul. S-au atins precizii de l.a.d. pe l. de numai cîțiva centimetri.

locomotivă diesel-electrică *(locomotivă diesel cu transmisie electrică)*, locomotivă la care energia mecanică dată de un motor diesel este transformată de uu generator (de curent continuu sau sincron) în energie electrică cu care se alimentează motoarele de tracțiune, montate pe osii. Transmisia electrică (ca și cea mecanică sau cea hidraulică, la locomotivele diesel-hidraulice) este necesară pentru adaptarea motorului diesel la necesitățile de tracțiune. Motorul diesel nu pornește în sarcină și dă o putere proporțională cu turația, iar funcționarea optimă are loc la turație constantă. Cerințele de tracțiune impun posibilitatea utilizării puterii maxime la toate vitezele, forța de tracțiune variind invers proporțional cu viteza, $F = P_{max}/v$. Motoarele de tracțiune, de curent continuu cu excitație în serie, sînt comandate prin intermediul tensiunii generatorului și prin slăbirea cîmpului (→ *grup generator motor*). L. d.-e. sînt prevăzute cu *regulatoare automate de tensiune*, care acționează asupra reostatului de excitație al generatorului și *de turație*, care acționează asupra sistemului de injecție al motorului diesel. Pornirea motorului diesel se face utilizînd generatorul ca motor alimentat de o baterie de acumulatoare. Datorită dezavantajelor mașinilor de curent continuu legate de existența colectorului, există tendința utilizării schemei de acționare motor diesel — generator sincron — redresor cu diode de putere — invertor cu tiristoare — motor de tracțiune asincron, tri-

fazat, cu rotorul în scurtcircuit, comandat prin frecvență.

locomotivă electrică, locomotivă alimentată cu energie electrică, din exterior, prin fir de contact, sau din interior, de la baterii de acumulatoare. În funcție de curentul din firul de contact (→ *sisteme de tracțiune*) **l.e.** sînt de *curent continuu*, de *curent alternativ*, sau *policurent*. Motoarele de tracțiune sînt de curent continuu cu excitație în serie, motoare monofazate cu colector, sau motoare asincrone cu rotor în scurtcircuit comandate prin intermediul frecvenței. **L.e.** moderne au acționare individuală, cu cîte un motor la fiecare osie. La viteze pînă la 100 ... 120 km/h motoarele de tracțiune sînt semisuspendate, fiind suspendate elastic cu un capăt de șasiul locomotivei, iar la celălalt capăt se reazemă, printr-un lagăr cu gheară, pe osie, preluînd toate șocurile de la calea cu șine. **L.e.** de viteză mare au motoarele complet suspendate de cadrul boghiului, transmisia mecanică la osie fiind elastică, pentru a prelua jocurile orizontale și verticale ale osiei. Soluția cu rotorul direct pe osie, care are și rol de arbore la motor, nu se mai aplică. Comanda motoarelor de tracțiune se face prin modificarea tensiunii de alimentare și prin slăbire de cîmp. *L.e. de curent continuu* se alimentează la tensiunea de 1 500 și 3 000 V (în ultimul caz motoarele de tracțiune de 1 500V și 3 000V(în ultimul caz motoarele de tracțiune de 1500 V se leagă două cîte două în serie). Curentul luat de la firul de contact trece direct prin motoare și se întoarce, prin osie, la șină. La pornire motoarele se leagă în serie, împreună cu rezistoare de pornire, după care se conectează în paralel. Slăbirea cîmpului, pentru obținerea turațiilor mari, se obține prin șuntarea înfășurării de excitație serie, pînă la 50 ... 70 %. Sistemele moderne de modificare a tensiunii continue cu tiristoare (choppere) elimină pierderile de energie în rezistoarele de pornire și de reglare, asigurînd o variație lină a forței de tracțiune, cu repercusiuni favorabile asupra → *aderenței* **l.e.** Mărirea tensiunii liniei de contact de curent continuu, preconizată în unele țări se bazează pe introducerea în exploatare a unor **l.e.** cu mutatoare cu tiristoare (invertor — transformator — redresor — motor). *L.e. de curent alternativ* sînt alimentate în curent monofazat de *frecvență redusă* (16 2/3 Hz) sau de *frecvență industrială* (50 Hz în Europa, 60 Hz în America). Sistemul de tracțiune de frecvență redusă a fost introdus în scopul ameliorării comutației motoarelor monofazate, serie, cu colector, alimentate de la firul de contact printr-un transformator cu număr mare de prize și reglare sub sarcină. Odată cu dezvoltarea semiconductoarelor de putere (începînd cu 1950), s-a impus sistemul de tracțiune cu frecvență industrială (25 kV, 50 Hz, respectiv 50 kV, 60 Hz, preconizat a se dezvolta în S.U.A.), singurul care se aplică în lucrările noi de electrificare, cu **l.e.** cu redresor și motor de curent ondulat. Schema unei locomotive cu redresor cu diode de siliciu este prezentată în fig. 169, iar caracteristicile de tracțiune ale acestui tip de **l.e.**, în fig. 170. Transformatorul principal, *5*, se alimentează de la un autotransformator, *3*, (amplasat în aceeași cuvă), prevăzut cu 30...40 prize, prin intermediul cărora se face reglarea tensiunii sub sarcină, cu ajutorul unui dispozitiv numit graduator *4*. Transformatorul are 6 înfășurări secundare, cîte una pentru fiecare *grup de tracțiune* (redresor — motor, cu ventilator de răcire comun) și înfășurări pentru servicii auxiliare și pentru încălzirea terenului. Pentru întoarcerea curentului la șină se folosesc perii speciale cu inele montate pe osie și transformatoare sugătoare, cu raport de transformare

1 : 1, pentru evitarea trecerii curentului de tracțiune prin rulmenții lagărelor osiei. Motorul de tracțiune, *15*, este alimentat de la redresorul, *14*, în punte monofazată cu diode de putere legate în serie și în paralel, întreruptorul principal de înaltă tensiune, *2*. Bobina de netezire, *11*, și rezistorul de șuntare, *15*, au rolul de a micșora, respectiv de a elimina armonicile superioare din curentul motorului, respectiv din curentul de

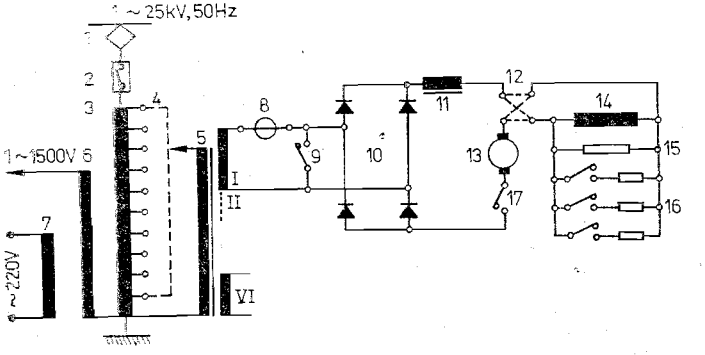


Fig. 169

protejat prin scurtcircuitorul ultrarapid *9*. Comandat de un transformator de impuls, *8*, scurtcircuitorul ultrarapid, la apariția unui scurtcircuit (de ex, foc circular la colectorul motorului), pune în scurtcircuit, după 1 ... 2 ms, înfășurarea secundară a transformatorului, după care, la aproximativ 60 ms deconectează

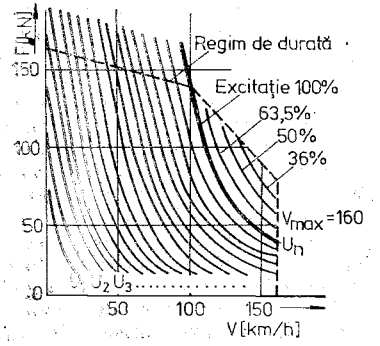


Fig. 170

excitație. Frînarea reostatică se face prin alimentarea separată, în serie, a tuturor celor 6 înfășurări de excitație de la redresorul unuia dintre motoare, alimentat cu tensiune redusă (rezistoarele de frînare nu sînt figurate în schemă). **L.e.** cu tiristoare alimentate în *c.a.* pot renunța la sistemul complicat de modificare a tensiunii transformatorului sub sarcină, prin controlul de fază al conducției tiristoarelor redresorului, permit *frînarea cu recuperare*, prin trecerea redresoarelor în regim de → *invertor*, dar înrăutățesc factorul de putere, datorită puterii reactive de comandă și prin introducerea unei puteri deformante mai mari în sistem, față de cazul redresoarelor necomandate. Îmbunătățirea factorului de putere la **l.e.** cu redresoare comandate se poate obține prin legarea în serie a 3 ... 4 redresoare în punte semicomandată, care să alimenteze un singur motor. Motorul de tracțiune, deși are înfășurarea de excitație alimentată separat, poate

avea caracteristici mecanice de tip serie, prin reglarea automată a curentului de excitație, proporțional cu curentul indusului. Redresorul de excitație cu tiristoare este reversibil și permite inversarea sensului de mers al **l.e.** Alimentarea de la *baterii de acumulatoare* se aplică la **l.e.** industriale *(→ locomotivă electrică de mină)* și la *vagoane motoare electrice* (automotoare electrice). Raza de acțiune, fără încărcarea bateriei, la vagoanele motoare cu tiristoare și frînare recuperativă, este de 300 ... 400 km. Bateriile se pot încărca noaptea, cînd energia este mai ieftină, sau în pauzele de funcționare. Se aplică și sistemul de schimbare a bateriilor descărcate cu baterii gata încărcate. Față de locomotivele diesel-electrice, **l.e.** au numeroase avantaje, care determină scăderea costului specific al transportului pe calea ferată: putere mai mare, la același număr de osii (5 500 ... 7 500 kW, față de 3 500 kW puterea maximă la locomotivele diesel-electrice); cheltuieli de întreținere mai mici cu 30 ... 50% și o utilizare mai bună a parcului de locomotive; durată de servici de cca 2 ori mai mare (durata de servici a **l.e.** este de 30 ... 40 ani); costul **l.e.** este de numai 85% din costul locomotivelor diesel-electrice de aceeași putere; se elimină poluarea mediului. Electrificarea căilor ferate are și inconveniente (cheltuieli mai mari de investiții și întreținere a instalațiilor fixe, cheltuieli cu modificările sistemelor de telecomunicații și semnalizare feroviare, necesitatea asigurării unor „ferestre" în graficul de circulație a trenurilor pentru întreținerea liniilor de contact și unele efecte nefavorabile asupra sistemului energetic, cum sînt dezechilibrele de curent și tensiune sau puterea deformantă dată de armonicile superioare ale **l.e.** cu redresoare).

locomotivă electrică de mină, locomotivă electrică industrială, de gabarit redus, destinată remorcării convoiului de vagonete prin galerii miniere, pe o cale cu ecartament îngust. Forța de tracțiune este dată de unul sau două motoare electrice, iar acționarea osiilor, prin angrenaje cu roți dințate, poate să fie individuală sau colectivă (un singur motor cuplat cu ambele osii). După modul de alimentare cu energie **l.e. de m.** pot fi cu fir de contact, cu baterii de acumulatoare, cu alimentare prin inducție electromagnetică, sau cu energie mecanică înmagazinată în volant (locomotive giroscopice). *L.e. de m. cu fir de contact* au alimentare în curent continuu (250 ... 500 V), sau în curent alternativ. Locomotivele de curent continuu sînt cele mai răspîndite, datorită construcției mai simple. Pornirea și modificarea vitezei motorului de tracțiune, de curent continuu cu excitație în serie, se face cu rezistoare, care măresc consumul de energie. Există tendința eliminării acestor rezistoare, prin aplicarea variatoarelor de tensiune cu tiristoare (choppere), care alimentează motorul cu impulsuri de tensiune de durată variabilă. Locomotivele de curent alternativ *cu tiristoare* (cele cu alimentare directă a motorului, cu repulsie sau asincron monofazat, cu rotorul în scurtcircuit și număr variabil de poli, cu condensator de pornire, nu s-au răspîndit), sînt mai simple decît **l.e. de m.** cu variatoare de tensiune continuă, deoarece nu necesită condensatoare scumpe, de comutație și au comanda electronică mai simplă. Linia de contact (de 250 V) se poate alimenta de la un transformator trifazat cu conexiunea *YD*, cu două faze secundare legate la două secții, izolate una față de cealaltă, ale liniei de contact și cu a treia fază legată la șină. Uncle **l.e. de m.** cu tiristoare (fig. 171) pot avea alimentare atît în curent continuu cît și în curent alternativ. Condițiile de securitate

minieră impun verificarea permanentă a rezistenței de izolație, în special în curent alternativ, care prezintă pericol de electrocutare mai

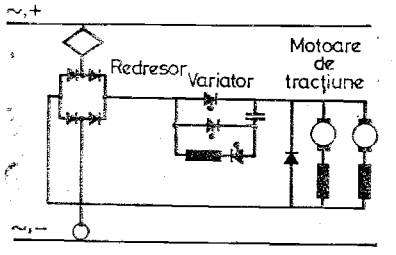


Fig. 171

mare decît curentul continuu. Sistemele moderne de alimentare în curent alternativ au pe fiecare fider cîte un contactor static cu tiristoare, care asigură la fiecare alternanță o pauză de 20 ... 30°, pentru testarea electronică a curenților de scurgeri, pauză care nu afectează caracteristicile energetice ale **l.e. de m.** (redresorul cu tiristoare se comandă cu unghiuri mai mari de 20 ... 30°). La depășirea valorii admise pentru curentul de scurgeri se dă comandă de blocare a contactorului static de pe fiderul de alimentare. Tot din considerente de securitate *captatoarele* de curent sînt trolee în formă de tijă, avînd la capătul dinspre firul de contact o *rolă* sau o patină, ceea ce permite așezarea firului de contact într-un jgheab electroizolant (cel mai simplu între două scînduri paralele). *L.e. de m. alimentate prin inducție electromagnetică* au avantajul absenței contactului mobil, care prin scînteile produse poate amorsa explozii în minele cu degajări de gaz metan (în minele grizutoase se admit *l.e. de m. cu troleu* numai pe galeriile principale, bine aerisite). Energia electromagnetică de curent alternativ de frecvență ridicată (2 500 ... 5 000 Hz) este transmisă prin două cabluri speciale, izolate, suspendate între linii la cca 75 mm de receptorul situat la partea superioară a locomotivei. Receptorul sub formă unei bobine din spire de cablu, cu sau fără miez de fier, este înseriat cu o baterie de condensatoare, formînd un circuit rezonant pe frecvența de lucru. La pornirea sau la micșorarea vitezei se dezacordează circuitul, modificînd capacitatea bateriei de condensatoare. Pentru iluminat se utilizează stabilizatoare speciale. Instalația de alimentare necesită compensare longitudinală a puterii reactive, cu condensatoare, conectate în serie la fiecare 500 ... 600 m și necesită filtre speciale pentru evitarea perturbațiilor în liniile de telefoane paralele. Motoarele de tracțiune sînt alimentate de la un redresor și au puteri de 15 ... 20 kW. Dezavantajul acestui tip de **l. e. de m.** constă în producerea curenților turbionari în construcțiile metalice învecinate (țevi de aer comprimat, apă, aeraj) și în corpul locomotivei, care mărește pierderile de energie. Nu s-a depășit stadiul experimental. *L.e. de m. cu acumulatoare*, construite, în special, în construcție antigrizutoasă, cu masa de 2 ... 14 t, au motoarele de tracțiune cu excitație în serie alimentate de o baterie de acumulatoare amplasată pe locomotivă. Pornirea și reglarea vitezei se face cu rezistoare, cu comutator de baterie, care modifică numărul elementelor conectate în serie sau, recent, cu variatoare statice cu tiristoare (choppere). Există și *l.e. de m. mixte*, cu troleu și cu baterie, care pot deservi și porțiunile de galerie fără fir de contact. *L.e. de m. giroscopice (→ girotractoare)* sînt prevăzute cu volanți verticali în formă de disc, cu moment mare de inerție (avînd diametre de 1,2 m), care în stațiile de încărcare sînt antrenați la turația de 3000 rot/min, acumulînd energie cinetică (cca $30 \cdot 10^6$ J). Pe traseu motorul de antrenare, solidar cu volantul, asincron,

trifazat, cu rotorul în scurtcircuit, trece în regim de generator asincron autoexcitat cu ajutorul unei baterii de condensatoare, alimentînd motoarele de tracțiune, asincrone, cu poli comutabili. La scăderea turației volantului sub 50% din turația maximă, trebuie făcută reîncărcarea, care durează cca 1 min. Dacă locomotiva staționează, volantul se oprește după cca 10 h. Pentru micșorarea frecărilor cu aerul, volantul și motorul de antrenare sînt introduse într-o carcasă etanșă în care se află hidrogen sau heliu la presiune joasă, gaze care se schimbă după cîteva luni datorită pătrunderii aerului sau contaminării cu gazele emanate de izolația motorului. S-au realizat l.e. de m. cu energie înmagazinată în volant cu puteri de cca 50 kW și masa de 12 t, folosite, mai ales, în zonele cu mare pericol de explozie, unde și încărcarea se face cu motoare pneumatice. Din cauza razei limitate de acțiune (cca 2 km), nici aceste locomotive n-au depășit stadiul experimental, fiind concurate de l.e. de m. cu acumulatoare electrice.

logometru, instrument de măsurat ale cărui indicații depind de raportul dintre două mărimi electrice (tensiuni, curenți). L. nu au dispozitive mecanice de producere a cuplului antagonist, acesta fiind dat de însuși dispozitivul de măsurat. Neavînd cuplu rezistent, în repaus l. au o indicație arbitrară. Echipajul mobil poate fi cu bobine (cel mai răspîndit), cu magneți sau cu armături mobile *(l. feromagnetice)*. L. cu bobine mobile pot fi *magnetoelectrice, electrodinamice* și *ferodinamice (→ instrumente de măsurat)*, avînd două bobine încrucișate sub un anumit unghi (de regulă, 90°) și solidarizate pe același ax. Curenții parcurg bobinele astfel încît cuplurile exercitate asupra spirelor să fie antagoniste (un cuplu este activ, unul este rezistent). Cuplurile electromagnetice depind de poziția echipajului mobil, astfel că prin rotire cuplul mai mare se micșorează, iar cel mic se mărește, pînă devin egale, iar acul indicator se oprește la deviația $\alpha = f(I_1/I_2)$. Pentru asigurarea dependenței cuplului de deviația echipajului, l. magnetoelectrice și ferodinamice au întrefierul neuniform, iar la l. electrodinamice cîmpul magnetic produs de bobina fixă este neuniform. *L. electromagnetice* pot fi cu magnet fix (în formă de potcoavă), sau cu magnet cilindric rotitor, pe care sînt fixate bobinele. L. se utilizează la măsurarea rezistențelor *(→ ohmetre, → megohmmetre)*, a temperaturii (cu *→ termorezistențe)* și a altor mărimi neelectrice, a capacităților *(→ faradmetre)*, a factorului de putere *(→ cosfimetre)* și a *factorului de pierderi* etc. Principalul avantaj al l. este insensibilitatea lor la fluctuațiile tensiunii rețelei.

lucru de conducție, echivalent în lucru mecanic al procesului de transformare a energiei electrice în energie interioară (de ex., căldură) la conductoarele parcurse de curent *(→ legea transformării energiei în conductoare)*.

lumen (lm), unitate de măsură pentru mărimea fotometrică *→ flux luminos*, egală cu fluxul luminos emis, în mod uniform, în unitatea de unghi solid (steradian) de o sursă luminoasă punctiformă cu intensitatea luminoasă de o candelă.

lumensecundă, unitate de măsură pentru mărimea fotometrică *→ cantitate de lumină*.

luminanță (L), mărime fotometrică pe care ochiul o măsoară direct, fiind proporțională cu iluminarea retinei. L. unei suprafețe luminoase într-un punct al său și într-o direcție dată de unghiul α față de normala la suprafață în acel punct este raportul dintre intensitatea luminoasă $dI\alpha$, în acea direcție, a unei suprafețe elementare dS_1 din jurul acelui punct și proiecția acestei suprafețe pe un plan perpendicular pe direcția considerată, $L = dI\alpha/(dS\cos\alpha)$. Unitatea de l. este *nitul* (1 nit = 1 Cd/m²). L. care variază cu atît mai mari, cu cît dimensiunile suprafeței luminoase sînt mai mici și cu cît unghiul de privire, față de normală, este mai mare. De ex., l. filamentului de wolfram al lămpilor cu incandescență de 100 W este de $5{,}5 \cdot 10^6$ nit, pe cînd l. tuburilor fluorescente este de numai $7 \cdot 10^3$ nit, motiv pentru care se pot privi fără să apară fenomenul de *→ orbire*. Suprafețele lucioase privite oblic pot prezenta l. mari (de ex., tablourile în ulei privite sub un anumit unghi nu pot fi deslușite din cauza l. exagerate). Unele suprafețe perfect difuzante, au aceeași l., indiferent de unghiul sub care sînt privite (de ex., zăpada proaspătă, hîrtia și vopseaua mată, sticla opalină etc.). Suprafețele perfect difuzante respectă *legea lui Lambert*, $I_\alpha = I_{max}\cos\alpha$.

lumină, radiație electromagnetică care produce senzații vizuale prin intermediul ochiului. Lungimea de undă a radiațiilor luminoase este cuprinsă între 380 nm (violet) și 780 nm (roșu). L. *monocromatică* cuprinde radiații cu aceeași lungime de undă, *l. compusă* constă din radiații cu mai multe lungimi de undă. Dacă există un număr finit de radiații, cu lungimi de undă bine determinate, spectrul l. este *discontinuu* (spectru de linii), iar dacă l. constă dintr-un număr infinit de radiații cu lungimi de undă foarte apropiate, spectrul este *continuu* (de ex., lumina solară, pe lîngă care există și radiații invizibile, infraroșii și ultraviolete). L. are, în același timp, atît proprietăți de *undă*, cît și de *corpuscul* (dualismul undă corpuscul). La procesele de propagare a l., fără schimb de energie cu substanța, l. respectă legile electromagnetismului (viteza de propagare a l. în vid, este, aceeași cu a oricărei radiații electromagnetice, egală cu $3 \cdot 10^8 \text{ms}^{-1}$). Procesele de schimb energetic cu substanțele (emisia spontană, emisia stimulată, absorbția, efectele fotoelectrice) se studiază cu legile fizicii cuantice, conform cărora l., sub aspect energetic, este cuantificată, purtătorul elementar de energie (cuanta de lumină) fiind *→ fotonul*.

luminescență, fenomen de producere a luminii, altfel decît prin încălzire. L. apare la excitarea atomilor printr-o energie de o anumită formă, independent de starea termică a corpului care radiază lumina. Acest fenomen apare la gaze, vapori metalici sau la alte substanțe solide. După modul de producere a stării de excitație a atomilor, fenomenul de l. poate fi electroluminescență, chimiluminescență, fotoluminescență etc. Cel mai mare interes pentru sursele de lumină îl prezintă electroluminescența și fotoluminescența. Electroluminescența se produce, îndeosebi, la descărcările electrice în gaze sau vapori metalici, prin aducerea atomilor în stare de excitație ca urmare a ciocnirii lor cu electronii liberi accelerați de un cîmp electric. Fotoluminescența apare prin iradierea unor substanțe cu anumite radiații. Energia radiațiilor este preluată de atomii substanțelor, care, trecînd în anumite stări de excitație, sînt capabili să emită simultan sau după un anumit timp *(fosforescență, → fluorescență)* radiații luminoase.

luminobloc, unitate autonomă pentru iluminatul de siguranță, amplasat, de regulă, la ieșirile din clădiri de utilitate publică (de ex., săli de spectacol). L. cuprinde o lampă alimentată de la rețea (de regulă, cu incandescență), o lampă alimentată de la un acumulator, redresorul de încărcare și comutatorul automat, care conectează bateria la lampă în cazul dispariției tensiunii rețelei.

luminofor → fluorescență.

lungime de undă, distanța, măsurată pe direcția de propagare, dintre două stări oscilatorii de aceeași fază (de ex., distanța dintre două maxime). Undele electromagnetice cunoscute au l. de u. cuprinse între 10^{-14} m și 10^7 m *(→ radiații electromagnetice)*.

lux (lx), unitate de măsură pentru mărimea fotometrică → *iluminare*, egală cu iluminarea unei suprafețe care primește un flux luminos de 1 lumen repartizat uniform pe 1 m^2 (*lat.* **lux** = lumină).

luxmetru, aparat folosit la măsurarea iluminării. Cel mai răspîndit este *l. fotoelectric*, format dintr-un fotoelement *(→ convertor fotoelectric)* cu rol de traductor (sondă), care transformă semnalele luminoase în tensiune electrică și un instrument de măsură (microampermetru). Pentru obținerea unei sensibilități spectrale apropiate de cea a ochiului, sonda este prevăzută cu filtre speciale. La executarea măsurătorilor cu l. trebuie să se țină seama de inerția fotoelementului, la schimbarea nivelului de iluminare, care poate atinge cîteva minute. Erorile care apar la măsurarea iluminării pot fi: erori de temperatură de culoare, cînd se măsoară iluminări produse de surse de lumină cu altă compoziție spectrală decît cele pentru care s-a făcut etalonarea l.; erori de unghi de incidență; erori cauzate de agenți externi (de ex., temperatura). Domeniul de măsurare a l. se poate modifica pe cale optică, cu ajutorul unor filtre atenuatoare, sau pe cale electrică cu ajutorul unor șunturi. La măsurarea unor nivele joase de iluminare se pot utiliza amplificatoare operaționale sau → *fotomultiplicatoare*.

lx → **lux**.

M

m (mili) → **unități de măsură**.

m, simbol pentru numărul de faze.

m, simbol pentru → **momentul magnetic**.

M (mega) → **unități de măsură**.

M, simbol pentru cuplul electromagnetic.

M, simbol pentru inductivitatea mutuală (se folosește și simbolul L_{ij} $i \neq j$).

M, simbol pentru → **polarizația magnetică**.

M', simbol pentru → **magnetizație**.

μ (micro) → **unități de măsură**.

μ, simbol pentru → **permeabilitatea magnetică**.

μ_0, simbol pentru permeabilitatea magnetică a vidului *(→ constantă)*.

μ_r, simbol pentru permeabilitatea magnetică relativă.

macaz electric, schimbător de cale la vehicule cu acționare electrică pe șine (tramvaie) sau schimbător de fir de contact, la bifurcația liniei de contact a vehiculelor cu pneuri (troleibuze), cu acționare electromagnetică comandată din cabină de către conducătorul vehiculului. Înainte de **m.e.** linia de contact are o zonă neutră (nealimentată), la care se conectează electromagnetul de acționare a **m.e.**, alimentat de la firul de contact (fig. 172). Dacă nu este necesară schimbarea **m.e.** vehiculul trece sub porțiunea izolată cu controlerul pe poziția zero (circuitul motoarelor de tracțiune deschis). Dacă la trecerea pe sub zona neutră controlerul este în poziția de mers, electromagnetul se conectează la șină prin motoarele de tracțiune și acționează schimbătorul de cale. Pentru asigurarea continuității electrice a

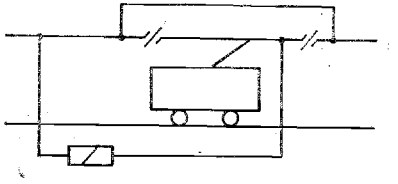


Fig. 172

liniei de contact porțiunea izolată este șuntată cu o funie de cupru.

magnavolt, mașină electrică amplificatoare *(→ amplidină)* cu excitație în serie *(→ rototrol)* sau în derivație *(→ regulex)*.

magnet, corp feromagnetic aflat în stare magnetizată. **M.** cu magnetizație permanentă se numesc *m. permanenți*, iar cei cu magnetizație temporară se numesc *m. temporari (→ electromagneți)*. Fiecare **m.** are două porțiuni, în apropierea cărora intensitatea cîmpului magnetic este deosebit de puternică, numite → *poli*.

magnet permanent, corp feromagnetic aflat permanent în stare de magnetizare. La confecționarea **m.p.** se folosesc → *materiale magnetice* dure. **M.p.** se utilizează la confecționarea instrumentelor de măsurat magnetoelectrice și a dispozitivelor de măsurare din calculatoarele electronice, la excitarea mașinilor electrice de puteri mici etc.

Prin crearea de **m.p.** pe bază de cobalt și pămînturi rare, cu inducții remanente mari ($B_r = 0{,}8$ T), asociate au cîmpuri coercitive de valori ridicate ($H_c = 600$ kA/m, → *histerezis*), s-a extins gama puterilor motoarelor de curent continuu și sincrone excitate cu **m.p.** la 10...20 kW. **M.p.** au curbă de histerezis de suprafață mare (energia magnetică specifică, $\int H\,dB$, J/m³, mare) și permeabilitate mică. Cele mai utilizate materiale pentru confecționarea **m.p.** sînt aliajele ALNICO ($B_r = 1{,}2$ T, $H_c = 50$ kA/m) și → *feritele* ($B_r = 0{,}3$ T, $H_c = 180$ kA/m).

magnetism, fenomen fizic însoțit de interacțiuni sub formă de forțe și cupluri, ce caracterizează cîmpul magnetic produs de corpurile magnetizate, de mișcarea sarcinilor electrice sau de variația în timp a cîmpului electric. În funcție de modul de comportare a materialelor în cîmp magnetic, se deosebesc corpuri *diamagnetice* ($\mu_r < 1$), *paramagnetice* ($\mu_r > 1$) și *feromagnetice* ($\mu_r \gg 1$). La corpurile dia- și paramagnetice curba de magnetizare $B = f(H)$ este liniară ($\mu_r = \text{const.}$); la cele feromagnetice este neliniară, permeabilitatea magnetică relativă fiind funcție de intensitatea cîmpului magnetic H (→ *feromagnetism*).

magnetizare, operație de aducere a unui corp într-o stare în care asupra sa se exercită forțe și cupluri, atunci cînd se află într-un cîmp magnetic. **M.** magneților permanenți se face cu ajutorul unui cîmp magnetic puternic, care să asigure **m.** pînă la saturație a materialului. În acest scop se pot folosi bobine fără miez, transformatoare de impuls sau electromagneți alimentați în curent continuu.

magnetizație (**M**), *(intensitate de magnetizare)*, mărime fizică vectorială definită ca limita raportului → *momentului magnetic* total $\Delta\overline{m}$, dintr-un volum foarte mic ΔV și acest volum: $\overline{M'} = \lim_{V \to 0} \frac{\Delta\overline{m}}{\Delta V}$. În practică, se folosește o altă mărime, *polarizația magnetică*, $\overline{M} = \mu_0 \overline{M'}$, unde μ_0 este permeabilitatea vidului (→ *legea magnetizației temporare*, → *legea legăturii dintre* $\overline{B}$, $\overline{H}$ *și* $\overline{M}$).

magnetohidrodinamică (MHD), ramură a electrotehnicii care studiază fenomenele ce însoțesc scurgerea unui fluid conductor aflat într-un cîmp magnetic. **M.** se aplică la producerea energiei electrice din energie termică, fără a se trece prin stadiul de energie mecanică (→ *convertor MHD*) sau la vehicularea fluidelor conductoare (→ *pompă MHD*).

magnetomotoare → **tensiune magnetomotoare.**

magnetoplasmadinamică, studiul fenomenelor ce însoțesc scurgerea plasmei într-un cîmp magnetic (→ *convertor magnetohidrodinamic*).

magnetostatică, capitol al electrotehnicii care studiază cîmpul magnetic staționar (invariabil în raport cu timpul), produs de magneți permanenți sau de conductoare străbătute de curent continuu.

magnetou, generator de curent alternativ, cu magneți permanenți, utilizați la aprinderea unor motoare cu explozie (*m. de aprindere*, inventat de R. A. Bosch, în 1902), la unele instrumente de măsurare a rezistenței (megohmmetre, aparate de măsurarea rezistenței prizelor de pămînt etc.) sau în telefonie, la dispozitivele de apel manual. Se utilizează din ce în ce mai rar, fiind înlocuit cu convertoare tranzistorizate alimentate de la baterie.

magnicon, mașină electrică amplificatoare, cu cîmp transversal, cu funcționare asemănătoare cu a → *amplidinei*, care asigură factori de amplificare superiori, viteze de răspuns mai mari și o comutație mai bună. Datorită construcției mai complicate, **m.** are cost mai ridicat decît amplidina. Se utilizează la excitarea generatoarelor sincrone sau generatoarelor de curent continuu cu variații rapide de sarcină.

marcarea bornelor, indicare, prin simboluri literale, a extremităților (începutului și sfîrșitului), înfășurărilor mașinilor electrice rotative, transformatoarelor și aparatelor electrice. La mașinile electrice de curent continuu, înfășurările se notează cu litere mari (A_1A_2 — înfășurarea indusului; B_1B_2 — polii auxiliari; C_1C_2 — înfășurarea de compensație; D_1D_2 — înfășurarea de excitație în serie; E_1E_2 — înfășurarea de excitație în derivație; F_1F_2 — înfășurarea de excitație separată). Înfășurările auxiliare se notează cu N, dacă sînt în axa longitudinală, și cu I, dacă sînt în axa transversală. La mașinile de curent alternativ, fără colector, extremitățile libere, scoase ale înfășurărilor statorice se notează cu U, V, W, pentru cele trei faze, și cu N pentru neutru (la mașini mici, cu înălțimea axei sub 132 mm se pot folosi indicatoare colorate, sau cabluri colorate în loc de litere: pentru U — albastru, V — negru, W — roșu, N — alb). Extremitățile libere scoase ale înfășurărilor rotorului mașinilor trifazate cu rotor bobinat se notează cu literele K, L, M, pentru cele trei faze și cu N pentru neutru. Extremitățile unor circuite speciale ale mașinilor electrice rotative se notează cu literele: P — pentru circuite de protecție, I — pentru circuite de încălzire, Z — pentru frîne electromagnetice montate pe mașini de curent continuu, F — pentru frîne montate pe motoare de curent alternativ fără colector. La transformatoare înfășurările de înaltă tensiune se notează cu litere mari A, B, C, pentru început, X, Y, Z, pentru sfîrșit, iar pentru cele de joasă tensiune cu litere mici ($a - x$, $b - y$, $c - z$). Punctul neutru este notat cu N. Extremitățile fazelor înfășurării de medie tensiune (la transformatoare cu trei înfășurări) se notează cu Am, Bm, Cm, respectiv Xm, Ym, Zm; bornele de același nume se amplasează pe capac față în față.

manșon de cablu, piesă folosită la protejarea → *îmbinărilor* cablurilor și conductelor electrice față de acțiunea umidității și de solicitările mecanice. **M.de c.** se amplasează în locurile de îmbinare a tronsoanelor de cablu sau în locurile de derivație. Izolarea conductoarelor îmbinate prin sudare, lipire sau presare se face manual, iar golul din **m.de c.** se umple cu masă izolantă. **M.de c.** se compune din două părți, corp și capac, care se fixează cu șuruburi și se etanșează cu o garnitură din sfoară de iută impregnată. Materialul cel mai utilizat pentru **m.de c.** este fonta cenușie, dar se folosește și **m.de c.** din tablă de oțel cositorită sau din tablă de cupru, care se lipește de mantaua metalică a cablului. Suprafața exterioară a **m.de c.** se protejează prin gudronare. Pentru asigurarea continuității electrice a învelișului metalic al cablului, de fiecare extremitate a mantalei metalice se cositorește un conductor de legare la pămînt, care se fixează apoi de **m.de c.** cu șuruburi, prevăzute special în acest scop. La → *pozarea cablului*, înainte și după **m.de c.** se lasă o rezervă de cablu (șerpuire) pentru descărcare de solicitări mecanice de întindere. După utilizare, **m.de c.** se împart în: *m.de c. de legătură* pentru îmbinarea cablurilor de același tip sau asemănătoare; *m.de c. de derivație*, utilizate în locurile în care derivația se face direct din cablu (de ex., la branșamente pentru locuințe); *m.de c. de separare*, care servesc la îmbinarea cablurilor de construcție diferită (de ex, cablu cu ulei și cablu cu gaz sub presiune).

manta, înveliș folosit la cabluri și conducte electrice, pentru protejarea elementelor din interior, în special a izolației conductoarelor, de umez-

zeală, agenți corosivi sau de alte influențe exterioare (de ex., lovituri). **M.** poate fi metalică (de plumb sau aluminiu), din mase plastice (policlorură de vinil sau poliester) sau de cauciuc. *M. metalică,* folosită numai la cabluri, poate servi în unele instalații de joasă tensiune drept conductor de nul de protecție, dacă la extremitatea cablului (la tabloul de distribuție) aceasta este legată la o priză de pămînt. *M. de cauciuc* se folosește numai la conducte (de ex., la → *cordoane*).

Marconi, Guglielmo (1874—1937), inventator italian. Pionier al radiotehnicii. A inventat, printre altele, circuitul oscilant acordat și antena cu ghid de unde cu reflector. A brevetat invenția telegrafului fără fir (Bologna, 1896) și a stabilit primele comunicații fără fir (între Anglia și Franța, 1899, între Europa și America, 1901) și prima comunicație pe unde scurte, pe o distanță de 22000 km. Lucrări de pionierat în radiolocație și radionavigație. Premiul Nobel pentru fizică (1909).

Marinescu, Matei (1903—1983), inginer electromecanic român. Profesor universitar la București, membru corespondent al Academiei R.P.R. Contribuții în domeniile electrotehnicii, electroacusticii și electrochimiei. A realizat primul laborator de electroacustică și electrocomunicații la Școala Politehnică din București (1929). A inventat motoare electrice cu mișcare alternativă (oscilomotoare) și a adus contribuții la calculul acestui tip de motoare. Lucrări în domeniul conversiei directe a energiei (convertoare electrochimice și termoelectrice).

mașină asincronă, mașină electrică care folosește cuplul electromagnetic asincron ce apare atunci cînd rotorul se rotește cu o viteză unghiulară diferită de a cîmpului magnetic învîrtitor. **M.a.** se folosește aproape exclusiv ca : → *motor asincron.* **M.a.** are *circuitul magnetic* confecționat din tole atît în stator cît și în rotor (fig. 173) ; cu excepția *m.a.* de putere mică, circuitul magnetic are întrefier constant. Numărul de crestături rotorice este apropiat de numărul de crestături din stator și printr-o adaptare corectă se pot diminua armonicile superioare și cuplurile parazite corespunzătoare. Rotorul **m.a.** poate fi de două tipuri : în *scurtcircuit* (în → *colivie*) sau *bobinat* (fig. 174). Rotorul în scurtcircuit are crestături închise în care se află bare de cupru sau aluminiu scurtcircuitate la capete prin inele. La puteri sub 10 kW colivia se execută din aluminiu prin turnare sub presiune, iar la puteri peste 10 kW, barele de aluminiu, cupru sau bronz, introduse în crestături se sudează cu inele de scurtcircuitare. Rotorul bobinat are înfășurarea în stea conectată la inelele colectoare pe care se află perii. La perii se poate conecta un reostat pentru mărirea cuplului și reducerea curentului de pornire, pentru modificarea vitezei sau pentru dublă alimentare *(acționări în cascadă, —arbore*

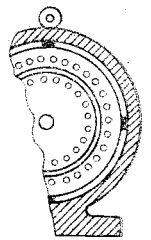


Fig. 173

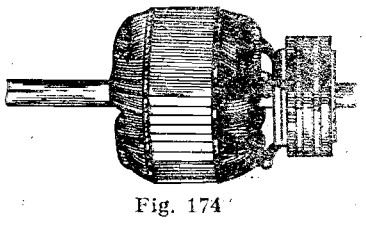


Fig. 174

electric). Cuplul electromagnetic al **m.a.** apare prin interacțiunea dintre cîmpul magnetic învîrtitor și curenții rotorici produși de către tensiunile electromotoare induse prin deplasarea relativă a conductoarelor rotorice față de cîmpul magnetic (de aici denumirea de mașină de inducție). Dacă viteza rotorului ar fi egală cu viteza cîmpului magnetic învîrtitor, nu s-ar induce tensiune electromotoare, în rotor nu ar exista curenți și nu s-ar dezvolta cuplu. Ecuațiile de tensiuni pentru o fază a *m.a. trifazate,* în regim sinusoidal, scrise în complex pentru funcționarea ca motor, cu mărimile rotorice reduse la stator, sînt :

$$\underline{U}_1 = R_1\underline{I}_1 + jX_{\sigma 1}\underline{I}_1 - \underline{U}_{e1} \quad (1)$$

$$\underline{U}_{e2} = R'_2\underline{I}'_2 + jX'_{\sigma 2}\underline{I}'_2 + \frac{1-s}{s}R'_2\underline{I}'_2 \quad (2)$$

$$\underline{I}_1 + \underline{I}'_2 = \underline{I}_0 \quad (3)$$

$$\underline{U}_{e1} = \underline{I}_0\underline{Z}_m = \underline{I}_0R_m + j\underline{I}_0X_m \quad (4)$$

unde : $U_{e1} = 4{,}44\, k_{b1} f_1 N_1 \Phi$, este tensiunea electromotoare indusă în stator ; k_{b1} — factorul de bobinaj ; N_1 — numărul de conductoare statorice ; Φ — fluxul util ; U_1 — tensiunea la bornele statorului ; R_1, R'_2 — rezistențele înfășurării statorice și înfășurării rotorice raportate la stator ; $X_{\sigma 1}$, $X'_{\sigma 2}$ — reactanțele de scăpări ale înfășurării statorice și înfășurării rotorice raportate la stator ; I_1 — curentul statoric ; I'_2 — curentul rotoric raportat la stator ; I_0 — curentul de mers în gol ; $s = \dfrac{\Omega_1 - \Omega}{\Omega_1} = \dfrac{n_1 - n}{n_1}$ → *alunecarea* ; Ω_1, n_1 — viteza unghiulară, respectiv turația cîmpului magnetic învîrtitor ; Ω, n — viteza unghiulară și turația rotorului. Schema echivalentă a **m.a.** corespunzătoare acestor ecuații este prezentată în fig. 175. Admitem că la sarcini mici fluxul magnetic util este constant ($U_{e1} \approx U_1$) ; rezultă că pentru creșterea cuplului, proporțional cu fluxul și curentul este necesară o creștere a curentului rotoric, deci și a curentului statoric (pentru ca amperspirele totale care produc fluxul să fie constante,

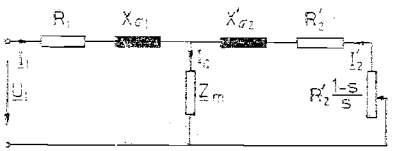


Fig. 175

ecuația (3)). Creșterea curentului rotoric necesită creșterea tensiunii electromotoare induse în conductoarele rotorice, deci creșterea alunecării. Rezultă că la creșterea sarcinii, turația **m.a.** scade. Datorită rezistenței mici a barelor rotorice, este suficientă o creștere mică a alunecării pentru o creștere importantă a tensiunii induse în rotor ceea ce explică de ce scăderea turației **m.a.** de la mers în gol pînă la sarcina nominală este de numai cîteva procente. La **m.a.** cu rotor, bobinat și rezistențe suplimentare în circuitul rotorului, scăderea turației cu sarcina este mai pronunțată. La sarcini mari, peste sarcina nominală, fluxul magnetic scade datorită creșterii considerabile a căderii de tensiune pe R_1 și $X_{\sigma 1}$, iar cuplul electromagnetic nu mai poate crește, oricît ar crește curentul rotoric. Valoarea maximă a cuplului electromagnetic se numește *cuplu critic* (de răsturnare). Dacă cuplul rezistent depășește cuplul critic, motorul se oprește. Cuplul **m.a.** este proporțional cu pătratul tensiunii de alimentare : $M = 3pU_1^2R'_2/\{2\pi f_1 s \times \times [(R_1 + c_1R'_2/s)^2 + (X_{\sigma_1} + c_1X'_{\sigma_2})^2]\}$, unde $c_1 = 1 + X_{\sigma_1}/X_m$. Cuplul critic $M_k = 3pU_1^2/\{4\pi f_1 c_1 [R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_{\sigma_1} + c_1X'_{\sigma_2})^2}]\}$ nu depinde de rezistența rotorică și are loc la alunecarea critică $s_k = c_1R'_2/\sqrt{R_1^2 + (X'_{\sigma_1} + c_1X'_{\sigma_2})^2}$. Curba de variație a cuplului electro-

magnetic al **m.a.** este dată în fig. 176 și poate fi descrisă, aproximativ cu formula lui Kloss, $M = 2M_k/(s/s_k + s_k/s)$. La alunecări negative, cînd **m.a.** este antrenată la rețeaua trifazată este antrenată din exterior cu o turație

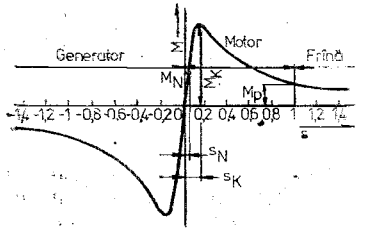


Fig. 176

mai mare decît turația cîmpului învîrtitor, se schimbă sensul transferului de energie și mașina trece în *regim de generator*, excitat de rețeaua trifazată. Autoexcitarea *m.a.* în regim de generator este posibilă numai dacă, la bornele statorice, se conectează o baterie de condensatoare care să furnizeze curentul reactiv de magnetizare. Generatorul asincron autoexcitat se poate utiliza în microhidrocentrale fără personal de exploatare. Cînd rotorul este antrenat din exterior, în sens invers sensului de rotație a cîmpului magnetic învîrtitor, alunecarea ia valori mai mari decît 1, **m.a.** trece în *regim de frînă*. Cuplul electromagnetic corespunzător alunecării $s = 1$ ($\Omega = 0$), se numește *cuplu de pornire*, $M_p = 3pU_1^2R_2' / /\{2\pi f_1[(R_1+c_1R_2')^2 + (X_{\sigma_1}+c_1X_{\sigma_2}')^2]\}$ și este cu atît mai mare cu cît este mai mare rezistența rotorică. La **m.a.** cu rotor bobinat, prin conectarea în rotor a unei rezistențe suplimentare potrivit alese, se poate asigura un cuplu de pornire egal cu cuplul critic. **M.a.** cu rotorul în scurtcircuit de construcție specială (cu colivie dublă sau cu bare înalte), care la pornire prezintă rezistență rotorică mare, datorită refulării curentului (→ *efect pelicular*), au cuplul de pornire mărit (fig. 177). Cu creșterea turației frecvența curenților rotorici scade ($f_2 = sf_1$), efectul pelicular nu se mai manifestă decît în mică măsură, curentul din barele rotorice nu mai este refulat în exterior și rezistența rotorică scade, micșorîndu-se în mod corespunzător pierderile din rotor. Bilanțul puterilor **m.a.** permite determinarea randamentului. Din puterea P_1 absorbită de la rețea, o parte se transformă în căldură, datorită pierderilor din înfășurarea statorică (p_{Cu1}) și în fierul statoric (p_{Fe1}), iar restul $P_M = \Omega_0 M$, puterea electromagnetică, se transferă rotorului prin intermediul cîmpului din întrefier. Din puterea transmisă rotorului, o parte (p_{Cu2}) se pierde prin efect termic în înfășurarea rotorului, o parte, neglijabilă din cauza frecvenței mici a tensiunilor induse în rotor, încălzește jugul feromagnetic ($p_{Fe2} \ll p_{Cu2}$) iar restul se transformă în putere mecanică, P_{mec}. Puterea utilă P_u, la arbore, se obține scăzînd din

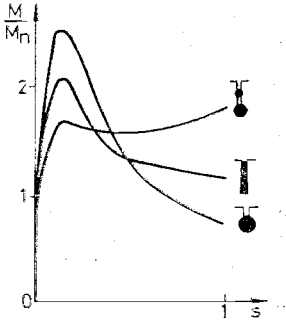


Fig. 177

puterea mecanică pierderile mecanice (p_m) și pierderile prin ventilație (p_v). Randamentul **m.a.** este $\eta = P_u/P_1 = 1-(p_{Cu1}+p_{Fe1}+p_{Cu2}+p_m + p_v)/P_1$ și are aproximativ valori de 0,5... ...0,6 la puteri sub 1 kW, 0,6...0,8 între 1 și 10 kW, 0,8...0,9 între 10 și 100 kW, și peste 0,9 la puteri de

peste 100 kW. *M.a. monofazată*, folosită numai ca motor la puteri mici (sub 0,75 kW) se deosebește de **m.a.** trifazată prin aceea că înfășurarea monofazată statorică este amplasată pe poli și crează un → *cîmp magnetic pulsator*. **M.a.** monofazată nu are cuplu de pornire. Cîmpul magnetic pulsator se poate descompune în două cîmpuri magnetice învîrtitoare, ce se rotesc în sens opus, astfel că la o deplasare a rotorului cu ajutorul unui cuplu exterior, într-un sens sau altul, motorul pornește în sensul respectiv pînă la o turație staționară. **M.a.** monofazate cu pornire manuală se folosesc rar. Pentru pornire se folosește o fază auxiliară sau poli ecranați cu spire în scurtcircuit. Faza auxiliară este parcursă de un curent defazat față de curentul fazei principale, suprimîndu-se, total sau parțial, cîmpul învîrtitor invers, astfel că în repaus **m.a.** monofazată are un cîmp învîrtitor circular sau eliptic. Faza auxiliară poate fi alimentată în următoarele variante (fig. 178): a) cu rezistență sau reactanță conectată în timpul pornirii și deconectată după atingerea turației de regim; b) cu condensator de pornire; c) cu condensator de pornire și condensator de lucru; d) cu condensator conectat permanent; e) cu poli ecranați (deconectarea fazei auxiliare se poate face cu întreruptoare centrifugale). Pe porțiunea ecranată fluxul magnetic este defazat față de porțiunea neecranată diminuîndu-se considerabil cîmpul învîrtitor invers. *M.a. cu rotor masiv* folosește pentru producerea cuplului curenții turbionari din rotor și are factor de putere scăzut. *M.a. liniară* → *motor liniar*. Sin. *mașină de inducție*.

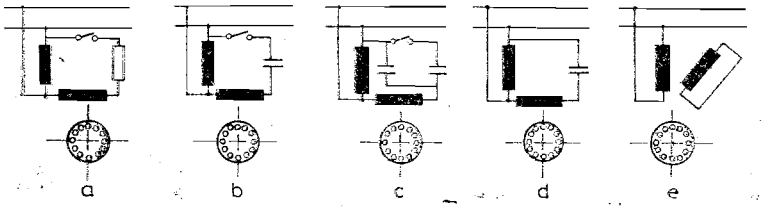


Fig. 178

mașină de curent continuu, mașină electrică care realizează conversia energiei electrice de curent continuu în energie mecanică *(motoare de curent continuu)* sau a energiei mecanice în energie electrică de curent continuu *(generator de curent continuu*, impropriu *dinam)*. Ca generator **m. de c.c.** se folosește în acționările cu grup motor-generator (Ward-Leonard), la excitația mașinilor sincrone, la încărcarea bateriilor de acumulatoare de pe unele vehicule (dinam), la sudarea în curent continuu (convertizor de sudare) etc. Ca motor **m. de c.c.** este întîlnită în acționări reglabile, în tracțiunea electrică, ca motor de pornire pentru motoare termice (demaroare), ca servomotoare etc. *Statorul* **m. de c.c.** (inductorul) format dintr-o carcasă de fontă sau oțel, este prevăzut cu $2p$ poli principali, masivi sau lamelați, pe care se află înfășurarea de excitație (fig. 179).

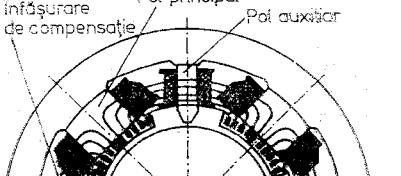


Fig. 179

Curentul de excitație produce un cîmp magnetic care se închide prin jugul statoric, poli, întrefier și jugul rotoric. *Rotorul* (indusul) confecționat din tole de tablă silicioasă este prevăzut cu o → *înfășurare* de tip indus cu extremitățile secțiilor legate la lamelele unui → *colector*. Pe colector sînt așezate $2p$ perii (la înfășurarea buclată), conectate în paralel, jumătate la borna +, jumătate la borna −. Periile împart înfășurarea indusului în $2a$ → *căi de curent*. Prin rotirea indusului în cîmp magnetic, în conductoarele rotorice se induc tensiuni electromotoare alternative, proporționale cu lungimea conductorului l, cu viteza v și inducția magnetică B ($u_{ec} = l.v.B$). Prin rotirea colectorului sub perii tensiunea alternativă se redresează. Tensiunea culeasă la perii (valoarea medie) este proporțională cu viteza unghiulară Ω și cu fluxul polar Φ, $U_e = k\,\Phi\Omega$, $k = pN/(2a\pi)$, N — numărul de conductoare rotorice. Dacă conductoarele indusului sînt parcurse de curentul I, asupra conductoarelor aflate în cîmpul magnetic inductor se exercită forțe electromagnetice ($F = I.l.B$). Cuplul electromagnetic dat de aceste forțe, $M = k\Phi I$, acționează în sensul mișcării în regim de motor, fiind *cuplu motor*, iar la generator în sens contrar mișcării, fiind *cuplu rezistent*. Pentru ca valoarea cuplului să fie constantă în timp, este necesar ca sub un pol de un anumit nume, curentul să aibă același sens, lucru asigurat de colector (→ *comutație*). Dacă R este rezistența totală a circuitului rotoric și U, tensiunea la bornele **m.de c.c.**, ecuația de tensiuni se scrie prin → *asocierea* sensurilor pozitive ale tensiunii și curentului pentru generator: $U = k\Phi\Omega - RI$, iar pentru motor $U = k\Phi\Omega + RI$. Bilanțul puterilor se obține înmulțind ecuațiile cu I: $UI = k\Phi\Omega I - RI^2$; $UI = M\Omega - RI^2$, la generator puterea electrică utilă este egală cu puterea electromagnetică (puterea mecanică minus pierderile mecanice și în fierul rotorului) mai puțin pierderea în înfășurarea rotorului. $UI = k\Phi I + RI^2$; $UI = M\Omega + RI^2$: la motor puterea electrică absorbită acoperă puterea electromagnetică (puterea mecanică utilă, pierderile mecanice și pierderile în fierul rotoric) și pierderile în cuprul rotoric. La **m.de c.c.** în sarcină, curentul indusului crează un cîmp magnetic de reacție, care se suprapune peste cîmpul inductor. Reacția indusului este transversală; liniile de cîmp de reacție au același sens cu liniile cîmpului inductor pe o jumătate de pol și sens contrar pe cealaltă jumătate de pol. La mașina nesaturată reacția indusului nu modifică fluxul polar. În practică saturație determină o scădere a fluxului de către reacția indusului. Diminuarea efectelor reacției indusului (printre care înrăutățirea comutației datorită deplasării axei neutre și neuniformitatea tensiunii dintre lamele, care poate provoca → *cerc de foc* la colector) se face cu ajutorul *înfășurării de compensație*, înseriată cu indusul și amplasată în crestături practicate în tălpile polare ale mașinilor cu putere de peste 100 kW sau ale motoarelor la care pentru modificarea turației se aplică slăbirea pronunțată a cîmpului. *Poli auxiliari* (de comutație) cu înfășurarea în serie cu indusul, amplasați între polii principali ai **m.de c.c.** cu puteri peste 1 kW, în scopul ameliorării → *comutației*, asigură o compensație a reacției indusului în zona de comutație (în jurul axei neutre). Circuitul magnetic statoric al **m.de c.c.** la care sarcina variază rapid sau al motoarelor alimentate de la mutatoare cu tiristoare este lamelat și are înfășurări de compensație. După modul de conectare a înfășurării de → *excitație*, **m. de c.c.** poate fi cu excitație *separată* și cu *autoexcitație* (derivație, serie și mixtă). Colectorul **m. de c.c.** poate fi înlocuit cu un mutator electronic cu tiristoare sau tranzistoare, care funcționează ca redresor, în regim de generator și ca

invertor, în regim de motor. Mutatorul este comandat de un traductor inductiv sau electronic în funcție de poziția rotorului. Constructiv, mașina cu comutator electronic este asemănătoare cu o mașină sincronă cu poli pe rotor, iar, funcțional, caracteristicile motorului cu comutator electronic sînt, de fapt, ale unui motor sincron cu traductor de poziție rotorică și cu comandă prin intermediul frecvenței tensiunii de alimentare.

mașină de inducție, mașină asincronă.

mașină electrică, sistem de conversie electromecanică a energiei. În regim de *motor*, **m.e.** transformă energia electrică absorbită pe la borne în energie mecanică transmisă la arbore; în regim de *generator*, energia mecanică este transformată în energie electrică. O **m.e.** poate funcționa atît în regim de motor cît și de generator (principiul reversibilității **m.e.**). **M.e.** construită pentru a funcționa în regim de motor este *motorul electric*, iar **m.e.** destinată producerii energiei este *generatorul electric*. Un regim special de funcționare a **m.e.** este regimul de *frînă*, în care energia electrică absorbită pe la borne și energia mecanică luată la arbore, sînt transformate în căldură. Conversia electromecanică a energiei se bazează pe fenomenele electromagnetismului: inducția electromagnetică și interacțiunea dintre cîmpul magnetic și conductoarele străbătute de curent (acțiuni ponderomotoare). O categorie aparte o constituie **m.e.** cu histerezis (→ *motorul cu histerezis*) și → **m.** *electrostatică*. Conversia electromecanică a energiei este însoțită de → *pierderi*: pierderi în înfășurări (pierderi în cupru, p_{Cu}), pierderi în circuitul magnetic (pierderi în fier, p_{Fe}), pierderi mecanice datorită frecărilor (p_m), pierderi de ventilație (p_v), pierderi suplimentare (p_s). Pierderile determină → *încălzirea* **m.e.**, iar pentru a se limita temperatura la valoarea admisă de izolația înfășurărilor este necesară → *răcirea* **m.e.** Randamentul **m.e.** este întotdeauna subunitar, căci puterea absorbită (consumată) este mai mare decît puterea cedată (utilă), diferența fiind constituită de pierderi. Gabaritul unei **m.e.** este determinat de solicitările electrice admise (densitate de curent), de solicitările magnetice (inducția magnetică) și de solicitările mecanice adoptate. Cu cît solicitările electrice și magnetice sînt mai mari, gabaritul este mai mic, dar și randamentul este mai mic. Randamentul **m.e.** uzuale este de 0,5...0,8, la puteri mici, și 0,8...0,95, la puteri mari. După puterea nominală, **m.e.** se clasifică în *micromașini* (sub 10 W), *m.e. de putere mică* (sub 0,75 kW), *m.e. de putere medie* (sub 1 000 kW) și *m.e. de putere mare* (peste 1 MW). După felul mișcării, se deosebesc *m.e. rotative* și *m.e. liniare*; după felul energiei electrice, *m.e. de curent continuu* și *m.e. de curent alternativ*, monofazate și polifazate. Se obișnuiește să se includă în categoria **m.e.** și → *transformatorul electric*, care, deși nu posedă elemente în mișcare, deci nu este sediul unei energii mecanice, realizează modificarea parametrilor energiei electrice (tensiune și curent, număr de faze). Părțile constructive ale unei **m.e.** rotative sînt *statorul* (partea fixă) și *rotorul* (partea mobilă). În mod obișnuit rotorul se află în interiorul statorului, dar există și construcția inversată. Statorul și rotorul sînt părți ale → *circuitului magnetic*, separate printr-un *întrefier*, care, în mod obișnuit, este radial (la unele **m.e.**, în special la cele de inerție redusă, întrefierul este axial, iar rotorul are formă de disc). **M.e.** pot fi *heteropolare* (cu mai multe poli) și *unipolare* (cu un singur pol). Dacă întrefierul este constant, **m.e.** este cu *poli plini* (înecați), iar dacă întrefierul este variabil, **m.e.** este cu *poli aparenți* (ieșiți). Partea **m.e.** în care se produce cîmpul magnetic se numește → *inductor*, iar partea pe care se amplasează înfășurările, pentru a se induce tensiuni electromo-

toare → *indus*. Părțile constructive în care au loc procesele electromagnetice (circuitul magnetic, înfășurările, periile, colectorul, inelele colectoare) se numesc *părți active*. *Părțile inactive* (carcasa, lagărele, arborele) servesc la protejarea părților active sau la transmiterea cuplului. La baza *teoriei* **m.e.** stau legile electromagnetismului (ecuațiile lui Maxwell), care conduc la ecuații de tensiuni din înfășurări. Acestea se completează cu ecuația diferențială a mișcării rotorului. O formă concisă prezintă *teoria generală a* **m.e.** din care, prin particularizare se ajunge la tipul de **m.e.** considerată. Tratarea matematică a fenomenelor din **m.e.** este mai simplă în *regim staționar* și mai complicată în *regim tranzitoriu* (procese de conectare la rețea, scurtcircuite, modificări de sarcină, porniri și frînări). **Încercările m.e.** urmăresc determinarea rezistenței înfășurărilor și a rezistenței de izolație, probele în gol, în sarcină și în scurtcircuit, determinarea cuplului, randamentului, încălzirii, determinarea parametrilor (reactanțe, constante de timp), stabilirea nivelului de zgomot și a paraziților radio etc.). **Alegerea m.e.**, în special, a motoarelor se referă la alegerea tipului de motor (de curent continuu, asincron, sincron), care să satisfacă cel mai bine cerințele sistemului de acționare, alegerea puterii nominale, a frecvenței, turației, tensiunii, gradului de protecție, serviciului de funcționare (→ *date nominale*).

mașină electrostatică, mașină la care transformarea energiei mecanice în energie electrică se face prin electrizare (→ *generator Van de Graaf*).

mașină sincronă, mașină electrică de curent alternativ a cărei turație, n, este riguros constantă, la frecvență, f, constantă ($n = 60\,f/p$, unde p este numărul perechilor de poli). Rotorul **m.s.** se rotește *sincron* cu cîmpul magnetic învîrtitor din întrefier. Cîmpul magnetic inductor este produs de înfășurarea de excitație, alimentată în curent continuu, dispusă de regulă pe rotor (construcția inversă, cu inductorul pe stator, este rar întîlnită și numai la **m.s.** de putere mică, căci întreaga putere trebuie transmisă prin perii și inele). *Rotorul* se construiește cu *poli aparenți* (poli ieșiți) sau cu *poli înecați* (poli plini, fig. 180). **M.s.** cu poli aparenți are minimum 4 poli și turații, de regulă, scăzute, la care viteza periferică a rotorului nu depășește 80...90 m/s. **M.s.** cu poli înecați, cu 2 sau mai rar, 4 poli, suportă viteze periferice la rotor de 150...160 m/s. Rotorul cu 2 poli este masiv și are înfășurarea de excitație

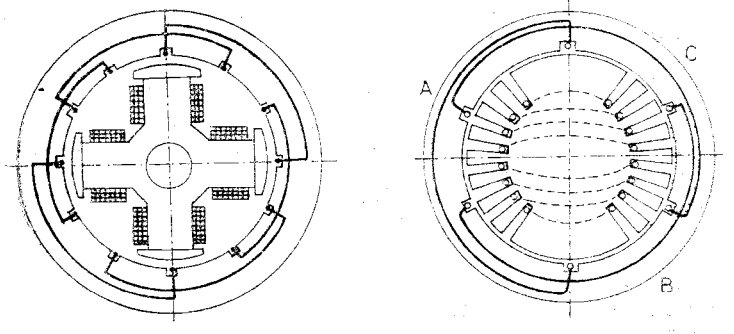


Fig. 180

repartizată în crestături frezate pe o porțiune de 2/3 din circumferință, consolidarea făcîndu-se cu pene nemagnetice. La $p = 2$ (4 poli), rotorul cu poli înecați este format din discuri montate pe arbore sau are formă de cilindru gol. Polii aparenți pot fi, în principiu, masivi sau, mai frecvent, din considerente tehnologice, polii sau numai talpa polară se fac din tole. Polii lamelați sînt prevăzuți cu *înfășurări de amortizare*, sub forma unei colivii din bară de cupru, scurtcircuitate la capete. Această înfășurare servește la amortizarea pendulărilor rotorului la variații de sarcină și la dezvoltarea cuplului de pornire în asincron a motorului sincron (colivie de pornire). *Statorul* **m.s.** are circuitul asemănător cu cel de la mașina asincronă, confecționat din tole de oțel aliat cu siliciu, izolate între ele. În crestăturile statorului se amplasează înfășurarea de curent alternativ, de regulă trifazată. **M.s.** este folosită atît ca *generator*, cît și ca *motor*. Generatoarele sincrone (→ *alternatoarele*), produc energia electrică în centrale. **M.s.** antrenate de turbine cu abur (turbogeneratoare), au rotorul cu poli înecați, cu 2 sau, mai rar, cu 4 poli și diametrul mic în comparație cu lungimea. Hidrogeneratoarele, antrenate de turbine hidraulice, la turații joase, au rotorul cu poli aparenți, de diametru mare față de lungime și arborele vertical. Rotorul **m.s.**, împreună au rotorul turbinei hidraulice, sînt suspendate cu ajutorul unor lagăre speciale (erapodină). **M.s.** antrenate de motoare diesel (diesclgeneratoare) se folosesc ca generatoare de bord pentru nave și avioane, locomotive diesel etc. **M.s.** reversibile sînt folosite în → *centrale electrice* cu acumulare. **M.s.** se folosește în acționările nereglabile în serviciu continuu, la pompe, ventilatoare, compresoare, grupuri Ward-Leonard etc., de puteri mari. Un regim aparte al **m.s.** îl constituie funcționarea ca motor în gol (→ *compensator sincron*). Generatoarele sincrone cu poli înecați, pînă la 100 MW, se răcesc cu aer; între 100...500 MW, cu hidrogen, peste 500 MW cu apă sau ulei (rotorul sau rotorul și statorul). Pentru ridicarea puterii unitare a **m.s.** (care la turbogeneratoare atinge 1 000 MW, iar la hidrogeneratoare 500 MW), se preconizează folosirea înfășurării de excitație supraconductoare, care asigură inducții mari, la gabarite mici ale înfășurării (→ *criogenie*, → *supraconductivitate*). La **m.s.** trifazată, peste cîmpul magnetic învîrtitor produs de înfășurarea rotorică, se suprapune cîmpul magnetic învîrtitor de reacție a indusului, produs de curenții de sarcină trifazici din înfășurarea de curent alternativ. Reacția indusului este transversală la sarcini „pur active" cu $\psi = 0$ (ψ este unghiul de defazaj dintre tensiunea electromotoare U_{e0} indusă de cîmpul inductor și curentul statoric al unei faze) și longitudinală la sarcini „pur inductive" $\left(\psi = \frac{\pi}{2}\right)$ sau „pur capacitive" $\left(\psi = -\frac{\pi}{2}\right)$. Tensiunea electromotoare indusă de cîmpul de reacție a indusului U_{ea} și tensiunea electromotoare indusă de fluxul de scăpări $U_{e\sigma}$ se exprimă în funcție de *reactanța sincronă* X_s: $\underline{U}_{ea} + \underline{U}_{e\sigma} = -jX_a\,\underline{I} - jX_\sigma\underline{I} = -jX_s\underline{I}$ la **m.s.** cu poli înecați și de *reactanța sincronă longitudinală* X_d și *transversală* X_q, la **m.s.** cu poli aparenți $\underline{U}_{ea} + \underline{U}_{e\sigma} = -jX_\sigma\,\underline{I} - (jX_{ad}\,\underline{I}_d + jX_{aq}\,\underline{I}_q) = -jX_d\,\underline{I}_d - jX_q\,\underline{I}_q$, $I_d = I \sin\psi$, $I_q = I\cos\psi$; $I_d \perp U_{e0}$, I_q în fază cu $\underline{U}_{e0}$. Ecuația de tensiuni a **m.s.** cu asocierea sensurilor pozitive de la generator, se scrie, pentru **m.s.** cu poli înecați: $\underline{U}_{e0} = R\underline{I} + jX_s\,\underline{I} + \underline{U}_r$, pentru **m.s.** cu poli aparenți $\underline{U}_{e0} = R\underline{I} + jX_d\,\underline{I}_d + jX_q\,\underline{I}_q$, R fiind rezistența înfășurării indusului, neglijabilă la puteri mari, iar $X_q : X_d = 0{,}5...0{,}8$. Cuplul electromagnetic al **m.s.** este $M = \frac{3p}{2\pi f}\frac{UU_{e0}}{X_d}\sin\vartheta +$

$+\frac{3p}{2\pi f}U^2\left(\frac{1}{X_q}-\frac{1}{X_d}\right)\sin 2\vartheta = M' + M''$. La **m.s.** cu poli înecați $X_d = X_q$, $M'' = 0$; la **m.s.** cu poli aparenți, chiar la curent de excitație nul ($U_{e0} = 0$, $M'' \neq 0$), se dezvoltă cuplu reactiv, M'', proprietate utilizată la motoarele sincrone fără înfășurare de excitație *(motor sincron reactiv)*. Stabilitatea statică a **m.s.** este asigurată pînă la unghiuri maxime de sarcină $\vartheta = \frac{\pi}{2}$. La variații bruște de sarcină, stabilitatea dinamică se poate pierde și la unghiuri de sarcină $\vartheta < \frac{\pi}{2}$.

materiale de mare conductivitate electrică, materiale conductoare folosite la transportul energiei electrice sau la construcția elementelor conductoare ale echipamentelor electrice. **M. de m.e.e.** li se impun următoarele cerințe: rezistență mică și coeficienți mici de variație cu temperatura; rezistență mecanică mare; posibilitatea îmbinării ușoare prin sudare sau lipire; rezistență la coroziune; conductivitate termică ridicată. În majoritatea cazurilor aceste condiții sînt îndeplinite de metale: → *cupru*, → *aluminiu*, oțel și aliajele acestora. Materialele nemetalice se utilizează rar (de ex., grafitul la confecționarea periilor mașinilor electrice).

materiale de mare rezistivitate, materiale conductoare utilizate la confecționarea rezistoarelor, încălzitoarelor destinate producerii căldurii prin efect Joule sau rezistoarelor elementelor de circuit, destinate producerii unor căderi de tensiune. Ele trebuie să posede rezistivitate ridicată pentru a avea consumuri reduse de materiale, coeficient redus de temperatură, pentru a nu se produce șocuri de curent la conectare; punct de topire ridicat; constanța proprietăților mecanice la variații de temperatură; maleabilitate și sudabilitate; coeficient redus de dilatare; stabilitate chimică în medii agresive. Aceste condiții sînt îndeplinite de unele → *aliaje de mare rezistivitate*, pe bază de Fe, Ni, Co, Al, Si, Cr, Mn, Sn, și de unele materiale nemetalice (carbura de siliciu (CSi), disiliciura de molibden ($MoSi_2$)).

materiale electrotehnice, materiale folosite în electrotehnică la fabricarea echipamentelor electrice și la construcția instalațiilor electrice. După proprietățile lor electrice și magnetice, **m.e.** se împart în → *materiale de mare conductivitate electrică*, *materiale semiconductoare*, → *materiale izolante*, → *materiale de mare rezistivitate*, — *materiale magnetice*.

materiale izolante, materiale de rezistivitate teoretic infinită (→ *conducție electrică*) utilizate la izolarea părților conductoare ale echipamentelor și instalațiilor electrice, sau pentru mărirea capacității condensatoarelor (→ *dielectric*). Mărimile caracteristice ale **m.i.** sînt rezistivitatea (cît mai mare), rigiditatea dielectrică (cît mai mare), unghiul de pierderi (tgδ, cît mai mic), permitivitatea; stabilitatea mecanică, termică și chimică (cît mai ridicate). **M.i.** pot fi solide, lichide sau gazoase, iar din punct de vedere chimic, organice (naturale și sintetice) sau anorganice. *M.i. anorganice* sînt: → *azbestul*, → *mica*, → *sticla*, → *ceramica*; *m.i. organice naturale*: → *cauciucul* natural, → *colofoniul*, → *șerlacul*; *m.i. organice sintetice*: → *policlena*, → *polistirenul*, → *policlorura de vinil*, → *politetrafluoretena (teflonul)*. Neomogenitățile din structura **m.i.** (porozitățile), determină repartiții neuniforme ale intensității cîmpului electric, încălziri locale și descărcări electrice.

materiale magnetice, materiale folosite în electrotehnică, în special, datorită proprietăților lor magnetice (→ *magnetism*). **M.m.** sînt în general, → *feromagnetice*, pe bază de aliaje ale fierului și pe bază de → *ferite*.

După forma → *ciclului de histerezis* se deosebesc **m.m. moi** și **m.m. dure**. *M.m. moi* trebuie să aibă permeabilitate magnetică relativă, μ_r, ridicată, cu dependență slabă de temperatură și frecvență, inducția de saturație, B_s, ridicată, inducție remanentă, B_r, mică, cîmp coercitiv, H_c, mic, pierderi prin curenți turbionari și prin histerezis de valoare mică, suprafața curbei de histerezis mică, rezistivitate ridicată, rezistență mecanică mare și prelucrabilitate bună. Fierul tehnic pur (99,9 %) și fierul moale (99,6 %) au permeabilitate magnetică relativă și inducție de saturație de valoare mare, dar din cauza rezistivității mici se folosesc numai la aparate de curent continuu (electromagneți, relee, tălpi polare). Prin aliere cu siliciu sau aluminiu, rezistivitatea crește, iar proprietățile magnetice nu se înrăutățesc considerabil. Tabla silicioasă (cu 0,7... ...43 % Si, 0,08 % C, 0,3 % Mn) laminată la rece sau la cald se folosește în construcția transformatoarelor, bobinelor de reactanță, la mașini electrice (→ *tole*). Aliajele pe bază de nichel (de ex., → *permalloy*) au inducție de saturație mică. Prin adăugarea de Cr și Mo *(supermalloy, mumetal)* se pot mări rezistivitatea și îmbunătăți proprietățile **m.m.** moi. Aliajele Fe, Ni, Cr *(perminvar)* pot avea permeabilitate magnetică slabă, independentă de intensitatea cîmpului magnetic, necesară, de ex., la fabricarea transformatoarelor de curent de măsură. Compușii metalelor divalente (Ni, Mn, Co, Zn, cu oxid de fier — *ferile moi* — (de ex., *manifer*) au inducții de saturație mici și permeabilități magnetice mari, fiind folosite la inducții mici, în bobine de înaltă frecvență. Pierderile prin curenți turbionari ale **m.m.** moi pot fi micșorate prin pulverizarea acestor materiale în mase izolante (lacuri, polistiren, teflon, sticlă solubilă), dar proprietățile magnetice se înrăutățesc. *M.m. dure* se folosesc la confecționarea → *magneților permanenți*. Se cere o remanență magnetică mare, cîmp coercitiv mare (deci suprafață mare a curbei de histerezis, corespunzătoare unei energii magnetice mari), permeabilitate magnetică redusă, o influență redusă a prelucrărilor mecanice asupra proprietăților magnetice, prelucrabilitate bună și rezistență mecanică mare.

Maxwell, James Clerk (1831—1879), fizician englez, membru al Societății Regale din Londra, profesor universitar la Cambridge. A adus contribuții de o excepțională însemnătate în domeniul fizicii gazelor și în electromagnetism. A enunțat (1860) legea distribuției vitezelor moleculelor de gaz, care stă la baza teoriei cinetice. A creat suportul matematic principiului acțiunii din aproape în aproape prin intermediul cîmpului enunțat de M. Faraday, stabilind ecuațiile electromagnetismului (→ *ecuațiile lui Maxwell*). A introdus noțiunea de → *curent de deplasare* și a enunțat teoria generală a undelor electromagnetice, a căror viteză de propagare este egală cu viteza luminii. A enunțat teoria electromagnetică a luminii (1865). A făcut cercetări de fiziologie a percepției culorilor (teoria celor trei culori primare — 1857), de mecanică (echilibrul corpurilor elastice, inelele lui Saturn), de teoria căldurii.

maxwell (Mx), unitate de măsură (tolerată) pentru fluxul magnetic în sistemul CGS neraționalizat. 1 Mx = $= 10^{-8}$ Wb.

mărime, proprietate care permite determinarea cantitativă (→ *măsurarea*) a obiectelor, stărilor sau proceselor. Numărul asociat **m.** prin procesul de măsurare, cu indicarea unității de masură (de ex., 200 V, 50 A) reprezintă valoarea sau măsura **m.M.**, care pot fi determinate complet prin indicarea valorii numerice și a unității de măsură se numesc *m. scalare*. **M.** pentru a cărei definire completă este necesară, în afară de valoarea și unitatea de măsură, precizarea di-

recției și sensului se numește *m. vectorială* (→ *vector*). **M.** vectoriale și tensoriale (→ *tensor*) sînt definite de sisteme de componente scalare. **M.** caracteristice, care stau la baza determinării unor sisteme și procese, se numesc *parametri*. Parametrii pot să aibă, în general, valori diferite, bine determinate, care stabilesc, în mod univoc, proprietățile sistemului sau procesului (de ex., tensiunea la care funcționează o mașină electrică reprezintă un parametru de funcționare; rezistențele și inductivitățile înfășurărilor reprezintă parametri constructivi). Cunoașterea sau determinarea **m.** caracteristice (parametrilor) este importantă pentru evaluarea posibilităților de aplicare a sistemului sau obiectului considerat (→ *date nominale*). Sub aspectul variației în timp, se deosebesc *m. continue* (care nu variază în timp) și *m. variabile*: **m.** periodice, **m.** oscilante, **m.** pulsatorii, **m.** alternative, **m.** sinusoidale, **m.** pseudoperiodice, **m.** aperiodice, **m.** sub formă de impulsuri. *M. periodică* este o **m.** a cărei valoare momentană se repetă după o perioadă de timp, T: $x(t + nT) = x(T)$. *M. oscilantă* este **m.** alc cărei valori momentane cresc și descresc, periodic sau pseudoperiodic, avînd o valoare medie diferită de zero. *M. pulsatorie* are valori momentane variabile, dar de același semn (de ex., curentul redresat). *M. alternativă* este **m.** periodică a cărei valoare medie aritmetică într-o perioadă este nulă, (de ex., tensiunea alternativă). *M. sinusoidală* (armonică) este **m.** la care valoarea momentană variază sinusoidal în timp: $x(t) = x_m \sin(\omega t + \varphi)$ sau $x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi)$, (de ex., curentul alternativ sinusoidal). *M. sinusoidale polifazice* sînt mai multe **m.** sinusoidale de același fel, care acționează împreună în cadrul aceluiași sistem (polifazat), avînd aceeași frecvență, dar unghiuri de fază inițială diferite, fiind → *defazate* în timp). *M. polifazice simetrice* au aceeași valoare maximă, iar faza inițială diferită prin aceeași valoare (de ex., curenți polifazici simetrici, tensiuni trifazice simetrice). *M. pseudoperiodică* și, în particular, *m. pseudoarmonică*, este o **m.** care poate fi exprimată prin produsul dintre o funcție periodică, în particular o funcție armonică și o funcție lent variabilă (de ex., *m. sinusoidale amortizate*). *M. aperiodică* este **m.** alc cărei valori nu își schimbă semnul și tind, fără oscilații, către o limită constantă, la valori mari ale argumentului. *M. sub formă de impulsuri* sau impulsurile sînt **m.** alc căror valori sînt diferite de zero numai în intervale de timp limitate (de ex., impulsuri de tensiune, impulsuri de curent) și pot avea același semn (impulsuri unilaterale) sau semne diferite (impulsuri bilaterale). După natura obiectelor, stărilor și proceselor la care se referă, **m.** pot fi fizice (**m.** mecanice, termice, electrice, magnetice, optice, acustice) și chimice. *M. fizice* caracterizează fenomenele fizice (stări, transformări, interacțiuni dintre corpuri și cîmpuri). *M. chimice* caracterizează reacțiile chimice. După locul pe care îl ocupă într-un anumit sistem de **m.** și unități, se deosebesc → *mărimi primitive* și → *mărimi derivate*, → *mărimi fundamentale* și → *mărimi secundare*.

mărime derivată, mărime care se introduce într-un sistem de mărimi și unități de măsură, în funcție de alte mărimi de referință, introduse în prealabil, fără a face apel la experiență. De ex., viteza este derivată din lungime și timp, tensiunea electrică este derivată din intensitatea cîmpului electric și lungime.

mărime fundamentală, mărime a cărei unitate de măsură, într-un sistem dat, se alege independent, prin indicarea reprezentării ei concrete. De ex., în sistemul internațional (SI) sînt următoarele **m.f.**: lungimea (unitatea de măsură, m), masa (kg), durata (s), intensitatea curentului electric (A), temperatura absolută (K), intensitatea luminoasă (Cd).

mărime primitivă, mărime care, într-un sistem de mărimi și unități, trebuie introdusă direct, făcînd apel la experiență, fără a putea folosi în definirea sa alte mărimi. Calitatea de **m.p.** și mărime derivată este relativă: într-o anumită formă a teoriei, într-un anumit domeniu (mod) de cercetare (macroscopic, microscopic) o mărime poate fi primitivă, în alta, derivată. **M.p.** din teoria macroscopică a electrodinamicii sînt în număr de 8: sarcina electrică, q, momentul electric $\bar{p}$, momentul magnetic $\bar{m}$, intensitatea curentului electric I, intensitatea cîmpului electric $\bar{E}$, inducția electrică, $\bar{D}$, intensitatea cîmpului magnetic, $\bar{H}$, inducția magnetică, $\bar{B}$. În teoria microscopică, **m.p.** s-au redus la trei: sarcina electrică elementară, q_e, intensitatea microscopică a cîmpului electric, $\bar{e}$, și inducția microscopică a cîmpului magnetic, $\bar{b}$.

mărime secundară, mărime a cărei unitate de măsură rezultă univoc din unitățile independente ale **m.** fundamentale prin analiză logică a relațiilor care leagă **m.** secundare de **m.** fundamentale (relații de definiție).

mărime vectorială, **vector**.

măsurare, operație prin care se urmărește obținerea unei informații cantitative asupra unei mărimi. **M.** se face prin compararea mărimii de măsurat (măsurandului) cu o valoare a sa luată ca unitate sau prin ordonare cu ajutorul unei scări (de ex. scara de duritate Mohs pentru minerale). **M.** poate fi *directă*, cînd se compară mărimi de aceeași natură (de ex., măsurarea unei mase cu ajutorul balanței, măsurarea unei tensiuni electrice cu ajutorul tensiunii → *elementului etalon*), sau *indirectă*, prin determinarea valorii mărimii de măsurat cu ajutorul altor mărimi, pe baza relațiilor de definiție (de ex. **m.** rezistenței cu ajutorul voltmetrului și ampermetrului). **M.** se face cu ajutorul instrumentelor și aparatelor de **m.**, al căror consum propriu conduce la → *erori* de **m.** (de ex., ampermetrul conectat într-un circuit, prin rezistența sa modifică valoarea curentului). **M.** efectuată prin metode de comparație de zero sînt cele mai precise, căci nu afectează obiectul sau procesul de măsurat.

măsurarea capacității → **capacimetru**, → **punte de măsură**.

măsurarea energiei → **contor**.

măsurarea factorului de putere → **cosfimetru**.

măsurarea fluxului magnetic → **fluxmetru**.

măsurarea frecvenței → **freevențmetru**.

măsurarea impedanțelor → **punte de măsură**.

măsurarea inductivității → **punte de măsură**.

măsurarea inducției magnetice → **teslametru**.

măsurarea intensității curentului electric → **ampermetru**, → **clește de ampermetru**, → **compensator**.

măsurarea puterii active → **wattmetru**.

măsurarea puterii reactive → **varmetru**.

măsurarea rezistenței → **ohmmetru**, → **compensator**, → **punte de măsură**.

măsurarea rezistenței prizelor de pămînt → **priză de pămînt**.

măsurarea sarcinii electrice → **coulombmetru**.

măsurarea tensiunii → **voltmetru**, → **compensator**.

măsurarea tensiunii magnetice → **cordon magnetic**.

măsurări electrice, ramură a electrotehnicii care se ocupă cu studiul metodelor, instrumentelor, aparatelor și dispozitivelor de măsurare a mărimi-

lor electrice sau a mărimilor de altă natură, transformate în mărimi electrice (→ *traductoare*).

măsurări electronice, măsurări efectuate asupra mărimilor electrice, magnetice sau de altă natură, cu ajutorul unor aparate electronice de măsurat.

măsurări magnetice, măsurări efectuate asupra mărimilor magnetice sau de altă natură, prin intermediul mărimilor magnetice.

medie tensiune → **rețele electrice**.

megohmmetru, instrument electric de măsurat cu citire directă folosit la măsurarea rezistenței de izolație. **M.** au ca sursă interioară un generator acționat manual, de regulă prevăzut cu un regulator centrifugal de tensiune sau o baterie (de 9 V) și un invertor electronic tranzistorizat, care transformă tensiunea continuă în tensiune alternativă, un transformator și un redresor cu filtru. Tensiunile de lucru ale **m.** sînt: 500, 1000 sau 2500 V. Ca dispozitiv de măsurare se folosește un logometru magnetoelectric. Scara instrumentului este neuniformă, cu gradațiile dispuse de la dreapta la stînga. Domeniul de măsurare al **m.** este cuprins între 0,02 MΩ și 50...500 MΩ. În mod obișnuit se măsoară rezistențe de izolație de ordinul MΩ, cu o precizie maximă de 1%. **M.** (→ *ohmmetrele*) electronice, cu domeniul de măsurare de la 1Ω la 100 MΩ, au erori de 3...5% și sînt aparate universale (multimetre electronice).

metadină, mașină electrică cu colector și cîmp transversal, asemănătoare cu → *amplidina*, la care nu este compensată reacția indusului după axa longitudinală. Se utilizează în unele acționări electrice care necesită curent constant.

metal, substanță cristalină, bună conducătoare de căldură și electricitate, în a cărei rețea cristalină există electroni liberi (→ *conducție electrică*). În afară de mercur, toate **m.** se află, la temperatura ambiantă, în stare solidă cristalină. După densitate se deosebesc: *m. ușoare* (sub 5 g/cm³) și *m. grele*. După culoare: *m. feroase* (fierul și aliajele sale) și *m. neferoase* (*m. colorate*: cuprul și aliajele sale, *m. albe*: Zn, Sb, Pb și aliajele lor). După punctul de topire **m.** se împart în *m. ușor fuzibile* ($t_{top} < 700$°C), *m. greu fuzibile* ($t_{top} < 2000$°C) și *m. foarte greu fuzibile* ($t_{top} > 2000$°C). Capacitatea **m.** de a accepta în structura cristalină atomi străini stă la baza obținerii *aliajelor*, prin amestecarea, de regulă în stare topită, a două, trei sau mai multe **m.** și alte elemente. Aliajele au rezistivitate ρ_{al} mai mare decît a **m.** pure $\rho_{m.\,pur}$, iar coeficientul de variație a rezistivității cu temperatura, α_{al}, mai redus decît al **m.** pure, $\alpha_{m.\,pur}$ (regula lui Matthiessen: $\rho_{al}\,\alpha_{al} = \rho_{m.\,pur}\,\alpha_{m.\,pur}$). Electronii liberi din **m.** contribuie nu numai la conducția electrică, dar și la conducția termică, astfel că un **m.** cu conductivitate electrică ridicată, are la o aceeași temperatură și conductivitate termică ridicată legea Franz-Widdemann (1853): $(\lambda/\sigma) = LT$, unde λ este conductivitatea termică, σ → *conductivitatea electrică*, L — numărul lui Lorentz, T — temperatura absolută). Legea este valabilă la temperaturi peste temperatura mediului ambiant (temperatura camerei). Rezistivitatea aliajelor sau a **m.** cu impurități are două componente: o rezistivitate „termică", care crește cu creșterea temperaturii, din cauza vibrațiilor rețelei cristaline și o rezistivitate „reziduală" independentă de temperatură, care este preponderentă la temperaturi scăzute. La temperaturi apropiate de zero absolut, rezistivitatea **m.** tinde spre valori nemăsurabil de mici (→ *supraconductivitate*). În electrotehnică, **m.** se utilizează ca → *materiale de mare conductivitate electrică*, → *materiale de mare rezistivitate*, → *materiale magnetice*. Alegerea **m.** pentru diferite

aplicații trebuie să se facă din considerente economice, corelîndu-se proprietățile lor fizico-chimice cu cerințele concrete. Cînd se cere o conductivitate electrică ridicată, rezistență la coroziune, posibilitatea îmbinării prin lipire, de ex., la conducte și cabluri în medii agresive, înfășurări de mașini electrice și transformatoare speciale, conducte de legare la pămînt și la nul de protecție, instalații de automatizare și comandă electronică, se folosește *cuprul*. Aliajele cuprului cu zincul (→ *alama*) sau cu Zn, Mn, Al, Ag (*bronzul*), se folosesc unde se cere o bună prelucrabilitate mecanică, elasticitate (arcuri) sau rezistență mecanică mare (→ *fire de contact*). Aluminiul, mai ieftin și mai ușor decît cuprul, se folosește în instalații electrice interioare și exterioare, la conducte și cabluri de energie, la înfășurări de transformatoare de putere, bare colectoare, etc. Pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice ale conductelor se folosesc funii de *oțel-aluminiu* (la linii de înaltă tensiune). Încălzirea excesivă a **m.** ca urmare a supraîncărcării conductoarelor conduce la înrăutățirea proprietăților mecanice din cauza fenomenelor de recristalizare.

micabandă → **mică**.

micafoliu → **mică**.

micalex → **mică**.

micanită → **mică**.

mică, → *material izolant* anorganic, cristalin, stratificat, care se poate desface în foi foarte subțiri (pînă la 0,01 mm grosime). În electrotehnică se folosește **m.** naturală potasică (*muscovitul*) și mica de magneziu (*flogopitul*), care prezintă proprietăți izolante bune și rezistență bună la temperaturi ridicate (în special flogopitul). Temperatura maximă de utilizare este limitată de pierderea apei de cristalizare, care duce la opacitate, fragilitate și micșorarea rezistenței mecanice. **M.** se prezintă sub formă de blocuri, plăci, foițe sau fulgi. **M.** naturală se folosește ca izolant în aparatele de încălzire, ca dielectric la condensatoare, ca izolant între lamelele de colector ale mașinilor electrice etc. În tehnica vidului se folosește *m. recristalizată* obținută prin topirea, la 1300...1450°C, și cristalizarea orientată a **m.** naturale. *Micanita* este obținută prin lipirea foilor de **m.** cu lianți organici (șerlac, lacuri gliptalice etc.). *Micanita de colector* se folosește la izolarea lamelelor de colector la mașini electrice; *micanita de presare* se folosește la fabricarea pieselor fasonate; *micanita flexibilă* se folosește la izolarea crestăturilor și izolația între spire a înfășurării mașinilor electrice; *micanita rezistentă* la foc se utilizează ca izolant în aparatele electrice de încălzire. *Micafoliul* și *micabanda*, folosite la izolația înfășurărilor electrice, sînt foi formate din 1...3 straturi de foițe de mică, acoperite pe de o parte sau pe ambele părți de hîrtie sau țesături de hîrtie. Micanita nu este higroscopică și se pretează ca izolant la mașinile electrice ce lucrează în medii umede (motoare de tracțiune electrică, motoare de acționare a pompelor etc.). *Micalexul* este obținut prin presarea unui amestec de pulbere de mică și de sticlă ușor fuzibilă, la cca 600°C. Se folosește la confecționarea pereților camerelor de stingere ale întreruptoarelor, la bujii, la aparate de încălzit, la condensatoare de înaltă frecvență etc.

Micloși, Corneliu (1887—1963), inginer mecanic și electrotehnician român. Profesor universitar la Timișoara. Membru al Academiei R.P.R. Lucrări în domeniul centralelor termo- și hidroelectrice, rețelelor electrice, tracțiunii electrice. Contribuții la introducerea primei linii de troleibuze din țară (pe care le-a numit *firobuze*, termen păstrat și azi în Timișoara). A construit, după concepție proprie, mașini de încercarea metalelor, utilaje de sudare electrică a șinelor de tramvai și de cale ferată. A întemeiat

școala românească de sudare electrică și a condus Centrul de Cercetări Tehnice din Timișoara al Academiei. Studii de energetică, de mașini și acționări electrice, de tracțiune electrică.

micro (μ), → **unități de măsură.**

microcalculator → **microprocesor.**

microcentrală, centrală electrică (de obicei, hidroelectrică) de putere redusă (zeci sau sute de kW), destinată alimentării cu energie electrică a unor consumatori izolați cum sînt cabanele montane, cantoanele forestiere etc. Generatoarele sincrone sau asincrone autoexcitate cu condensatoare sînt antrenate de turbine hidraulice simple, amplasate pe firul apei. Dacă m. debitează pe o rețea existentă se pot folosi generatoare asincrone excitate de rețea, care au avantajul unei construcții simple, ce nu necesită întreținere, deci nu este necesar personal de exploatare permanent.

microîntreruptor, aparat de comutație de joasă tensiune (125...380 V), cu cursă redusă a contactelor (zecimi de mm) și forță mică de acționare (zeci și sute de grame). Viteza de închidere a contactelor este independentă de forța de apăsare. Se utilizează în automatizări.

micromașină, mașină electrică de putere mică (sub 10 W) și dimensiuni mici (sub 80 mm) utilizată pe scară largă în automatizări ca : → *tahogenerator*, → *transformator rotativ*, → *servomotor*, → *traductor de poziție*, → *motor pas cu pas*. Cerințele impuse m. folosite în circuitele de măsură, comandă și reglare automată sînt : precizie ridicată la conversia mărimilor mecanice în mărimi electrice și invers, siguranță mare, durată mare de funcționare fără întreținere.

micromotor → **micromașină.**

microprocesor, unitate centrală de calcul a unui calculator electronic numeric realizată pe baza unui circuit integrat, care cuprinde, într-un volum de cca 1 cm³ peste 10 000 dispozitive electronice, care realizează toate operațiile necesare. **M.**, împreună cu alte circuite microelectronice (memorii, interfețe, periferice), servește la construcția *microcalculatoarelor*. Microcalculatoarele cu **m.** se folosesc la comanda acționărilor electrice, la conectarea circuitelor și rețelelor sistemului energetic, la comanda încărcării generatoarelor din centralele electrice, la comanda carburației la automobile etc.

miez magnetic → **circuit magnetic.**

Millican, Robert Andrews (1868—1953), fizician american. Profesor universitar la Chicago (din 1896), director al Institutului Tehnologic Pasadena din California. A făcut prima determinare exactă a sarcinii electronului (1911) printr-o experiență devenită celebră (experiența „picăturii de ulei"). Măsurînd frecvența luminii și energia electronilor liberi emiși prin efect fotoelectric (1915), a determinat → *constanta* lui Planck (cercetare care i-a adus Premiul Nobel pentru fizică în 1923). A mai studiat radiațiile ultraviolete și razele cosmice.

Minkowski, Hermann (1864 — 1909), matematician german. Profesor universitar la Zürich și Göttingen. A stabilit (1907) *ecuațiile electrodinamicii corpurilor în mișcare* și a dezvoltat bazele matematice ale teoriei relativității restrînse (1908), introducînd timpul ca a 4-a dimensiune în domeniul spațio-temporal *(spațiul M.)*. A introdus concepte geometrice în teoria numerelor.

model de rețea, totalitatea unităților de calcul analogic folosite pentru simularea rețelelor electrice. Elementele rețelei sînt înlocuite cu elemente analogice, cu care se fac calcule, la o anumită scară, ale mărimilor electrice și uneori, mecanice. *M. de r. universale*, sînt variabile, putîndu-se reprezenta diferite tipuri de rețele. Elementele **m. de r.** se conectează în conformitate cu rețeaua de studiat, măsurîndu-se tensiunile, curenții și puterile transmise la o încărcare corespunzătoare a rețelei. *M. de r. statice* servesc la cercetarea stărilor staționare ale rețelelor. Simularea se face unifilar. Se deosebesc **m. de r.** statice de curent continuu, pentru soluționarea problemelor de transfer al puterilor și scurtcircuite și **m. de r.** de curent alternativ, pentru calculul complex al transferului de putere, scurtcircuitelor și stabilității. Stările simetrice și nesimetrice ale rețelelor se pot cerceta cu ajutorul → *componentelor simetrice*. *M. de r. dinamice* servesc la studiul proceselor tranzitorii ale rețelelor, de ex. stabilitatea mașinii sincrone. Reprezentarea este de regulă trifazată (pentru **m. de r.** trifazate) și se simulează și mărimi mecanice (de ex. momente de inerție). *Analizatorul* de rețea permite studiul supratensiunilor interne din rețele.

model electric → **analogie.**

molibden, Mo, element chimic metalic, de culoare alb-cenușiu, maleabil și ductil. Punct de topire 2 620°C, punct de fierbere 3 700°C, rezistivitate la 20°C între 5 și $7 \cdot 10^{-6}$ Ωcm, densitate 10,2 g/cm³. Se obține din minereuri (molibdenit, wulfenit) prin prăjire și reducere cu hidrogen. Semifabricatele (bare de $16 \times 16 \times 350$) se obțin prin presarea și sinterizarea pulberii de **m.** la maximum 2 300°C. Forjarea se face la 1 100°C, iar trefilarea firelor de la 0,1 la 0,03 mm se face la rece, prin filiere de diamant. Datorită temperaturii ridicate de topire și vaporizării grele, **m.** se utilizează ca material rezistent la temperatură și în tehnica vidului : suporți pentru filamentele de wolfram în lămpile electrice cu incandescență, grile și anozi pentru tuburi electronice, elemente încălzitoare în vid, contacte electrice, termocupluri (Mo —Fe pînă la 400°C, WMo—W în vid pînă la 3 000°C), element de aliere pentru magneți permanenți etc.

moment electromagnetic → **cuplu electromagnetic.**

moment electric ($\bar{p}$), mărime vectorială care arată starea de → *polarizare* electrică a corpurilor neutre. Se exprimă în coulombmetri (Cm). Într-un sistem de sarcini electrice punctiforme Q_i ($i = 1, \ldots, n$) **m.e.** este egal cu suma produselor sarcinii cu vectorul de poziție $\bar{r}_i$ al sarcinii față de un punct de referință ales arbitrar : $\bar{p} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \bar{r}_i$. În particular, m.e. al unui → *dipol* cu sarcinile $+Q$ și $-Q$, aflate la distanța $\Delta\bar{l}$, este $\bar{p} = Q(\bar{r}_1 - \bar{r}_2) = Q\Delta\bar{l}$, orientarea vectorului $\Delta\bar{l}$ fiind de la sarcina negativă la sarcina pozitivă. Experimental s-a observat că valoarea cuplului $\bar{C}$, exercitat de un cîmp electric $\bar{E}$ asupra unui sistem de sarcini electrice cu **m.e.**, $\bar{p}$, este $\bar{C} = \bar{p} \times \bar{E}$. Valoarea limită a raportului dintre suma **m.e.** dintr-un volum elementar și elementul de volum cînd acesta tinde spre zero reprezintă → *polarizația electrică*.

moment magnetic ($\bar{m}$), mărime vectorială care arată starea de magnetizare a corpurilor. Unitatea de măsură Am^2. **M.m.** al unei spire (bucle de curent) reprezintă produsul dintre curentul, I, ce trece prin spiră și aria orientată, $\bar{A}$, a suprafeței spirei, avînd sensul asociat cu regula burghiului, $\bar{m} = I\bar{A}$. Cuplul exercitat în vid de un cîmp magnetic de inducție $\bar{B}$, asupra unei bucle de curent de **m.m.** $\bar{m}$, este $\bar{C} = \bar{m} \times \bar{B}$. Valoarea limită a raportului dintre suma **m.m.** dintr-un volum elementar și elementul de volum, cînd acesta tinde spre zero, reprezintă → *magnetizația*.

monofazat, alimentat cu o singură sursă de tensiune alternativă sau mai multe surse cu tensiunile în

ază (circuit **m.**, aparat **m.**, mașină **m.**, rețea **m.**).

monofilar, unifilar.

monopolar, unipolar.

montaj amonte, montaj de măsurare a rezistenței prin metoda ampermetrului și voltmetrului, în care *voltmetrul* se leagă înaintea ampermetrului (fig. 181), măsurînd căderea de tensiune nu numai pe rezistența de măsurat R_x, ci și pe rezistența ampermetrului R_a ($R_x = U/I - R_a$). Se folosește la măsurarea rezistențelor mari (peste 1 Ω), pentru care rezistența ampermetrului se poate neglija.

montaj aval, montaj de măsurare a rezistenței prin metoda ampermetrului și voltmetrului, în care *voltmetrul* se leagă după ampermetru (fig. 182), care măsoară nu numai

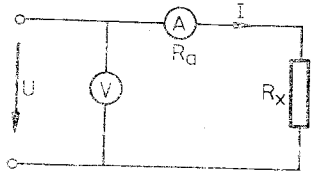


Fig. 181

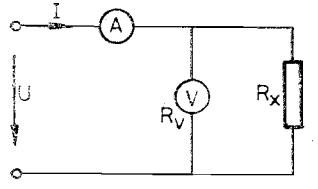


Fig. 182

curentul prin rezistența de măsurat R_x, ci și curentul prin rezistența voltmetrului R_v ($R_x = U/(I - U/R_v)$). Se folosește la măsurarea rezistențelor mici (sub 1 Ω), la care se poate neglija curentul prin rezistența voltmetrului.

motor asincron → *mașină asincronă* funcționînd în regim de motor. Este cel mai răspîndit motor electric de acționare, datorită particularităților sale constructive și energetice: construcție simplă și robustă, fără contacte electrice mobile (la varianta cu rotorul în scurtcircuit); gabarit redus, posibilitatea alimentării directe de la rețeaua industrială, randament bun. Dezavantajele **m.a.** sînt: pornire nefavorabilă, cu șocuri mari de curent, la conectarea directă la rețea ($I_p = (5 \ldots 6)I_n$); imposibilitatea modificării economice a vitezei, în limite largi prin metode simple; factor de putere scăzut, în special la încărcări reduse. Caracteristicile de funcționare ale **m.a.** (fig. 183) pot fi obținute prin calcul

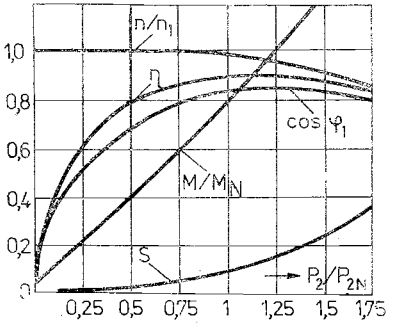


Fig. 183

sau pe cale grafică, cu ajutorul → *diagramei cercului*, construite numai pe baza încercării de mers în gol și de scurtcircuit (încercarea în sarcină este costisitoare și adesea dificil de realizat). **Pornirea m.a.** *cu rotor în scurtcircuit*: la puteri mici și mijlocii, *prin conectare directă* la rețea, dacă puterea motorului nu depășește 20% din puterea transformatoarelor din postul de transformare; prin conectare *în stea* și, apoi, *în triunghi*, la **m.a.** proiectate a funcționa *în triunghi* la tensiunea

rețelei existente; *cu autotransformator* de pornire la puteri mari (sute de kW), prin care **m.a.** este alimentat cu tensiune redusă $(0{,}5 \ldots 0{,}7)U_n$; *cu reactanțe de pornire* înseriate în circuitul statorului. Cuplul de pornire este proporțional cu pătratul tensiunii aplicate la borne. *M.a. cu rotorul bobinat* se pornește cu rezistențe conectate în circuitul rotorului, ale căror trepte se scurtcircuitează, pe măsură ce turația motorului crește. Printr-o alegere convenabilă a rezistențelor rotorice se poate obține un cuplu de pornire egal cu cuplul critic (maxim) al **m.a.** Scurtcircuitarea treptelor de rezistență se poate face automat, în funcție de timp sau în funcție de curentul rotoric, care se păstrează între două limite. **Modificarea vitezei m.a.** se poate face prin intermediul rezistențelor rotorice (la **m.a.** cu rotor bobinat), prin modificarea tensiunii sau a tensiunii și frecvenței (la **m.a.** cu rotor în scurtcircuit). Caracteristicile mecanice ale **m.a.**, $\Omega = f(M)$, sînt prezentate în fig. 184. Prin modificarea rezistențelor rotorice nu se modifică cuplul de mers în gol ideal Ω_0). Pentru menținerea constantă a fluxului magnetic, deci a cuplului critic, trebuie ca tensiunea să se modifice proporțional cu frecvența (relația lui Kostenko, U/f = const). La frecvențe mici (sub 0,5 f_n), tensiunea trebuie să aibă valori ceva mai ridicate decît cele date de această relație, pentru compensarea căderii de tensiune pe rezistența statorică, care devine preponderentă. Prin modificarea numărului de poli la **m.a.** cu **poli** *comutabili* (cu înfășurare specială, de tip *Dahlander*) se modifică viteza sincronă $\Omega_0 = 2\pi f/p$. La trecerea bruscă de la o viteză superioară la o viteză inferioară se face frînare cu recuperare. **M.a.** cu două viteze au performanțe bune numai pe o treaptă de viteză. **M.a.** cu mai multe viteze pot fi realizate prin folosirea unor înfășurări separate, amplasate în aceleași crestături. **Frînarea m.a.** se poate face în următoarele moduri: 1) *Frînare recuperativă* (suprasincronă) la viteze ale rotorului mai mari decît viteza de sincronism și în același sens cu cîmpul magnetic învîrtitor ($s < 0$),

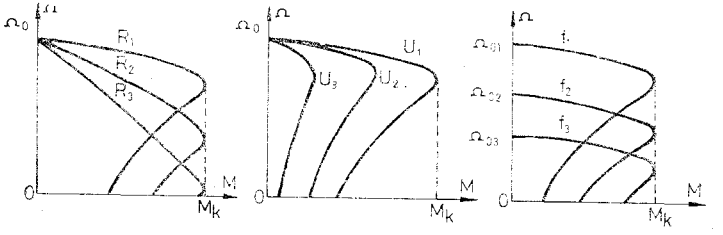


Fig. 184

critic, numai alunecarea critică. Micșorarea tensiunii de alimentare duce la micșorarea cuplului critic, fapt ce limitează metoda la acționarea mașinilor cu caracteristică de ventilator (scăderea cuplului rezistent la scăderea turației). Prin modificarea frecvenței se modifică viteza cîmpului magnetic învîrtitor (viteza cînd mașina trece în regim de generator excitat de la rețea. La schimbarea sensului de rotație (de ex., la coborîrea sarcinilor instalațiilor de ridicat) pentru frînare trebuie schimbată succesiunea fazelor. 2) *Frînarea prin conectare inversă* (frînare proprin-zisă sau în contracurent) are loc la alunecări $1 < s < \infty$, de

regulă la **m.a.** cu rotor bobinat, la valori mari ale rezistenţelor rotorice. Frînarea poate avea loc prin menţinerea sensului de rotaţie, dar prin schimbarea succesiunii fazelor (cazul maşinilor-unelte; motorul trebuie deconectat în momentul opririi pentru a nu porni în sens invers), sau prin păstrarea conexiunilor de alimentare a statorului, dar prin inversarea sensului de rotaţie a **m.a.** (cazul instalaţiilor de ridicat la coborîrea sarcinilor). Cuplul de frînare se modifică prin modificarea rezistenţei rotorice. Frînarea prin conectare inversă asigură cupluri mari de frînare, dar solicită termic motorul, atît energia luată de la reţea cît şi energia mecanică primită la arbore transformîndu-se în căldură, care se disipă pe rezistenţa rotorului şi a reostatului conectat la inele. 3) *Frînarea subsincronă monofazală* se face la alimentarea statorului numai pe două faze, ceea ce face ca în loc de cîmp învîrtitor, în întrefier să se producă un cîmp magnetic pulsator. Reglarea cuplului de frînare se face prin intermediul rezistenţelor rotorice. 4) *Frînarea dinamică* constă în deconectarea **m.a.** de la reţea şi alimentarea în curent continuu, la două borne statorice. **M.a.** trece în regim de generator sincron, funcţionînd la frecvenţă variabilă, proporţională cu turaţia, care debitează pe rezistenţa circuitului rotoric. La **m.a.** cu rotor bobinat se poate aplica frînare dinamică autoexcitată, prin redresarea tensiunilor rotorice şi alimentarea statorului cu tensiune redresată. Caracteristicile mecanice obţinute sînt în acest caz mai favorabile (mai rigide) decît la frînarea dinamică cu sursă separată de curent continuu. **M.a.** cu rotor în scurtcircuit se utilizează, în special la acţionări nereglabile: maşini-unelte, pompe, ventilatoare, compresoare, instalaţii de ridicat şi transportat etc.

motor cu histerezis, micromotor bazat pe fenomenul de → *histerezis*. Statorul este identic cu al motoarelor sincrone sau asincrone şi poate fi mono-, bi- sau trifazat. Rotorul are o cămaşă inelară din material magnetic dur (cu ciclu de histerezis lat), dispusă pe un butuc (feromagnetic sau mai frecvent neferomagnetic, de ex., aluminiu). Materialul magnetic poate fi şi masiv. Dacă rotorul are proeminenţe polare fie în butuc, fie obţinute prin tăierea de ferestre dreptunghiulare în banda activă, apare un cuplu suplimentar sincron reactiv (→ *maşină sincronă*). **M.cu h.**, la care se defazează în timp unda intensităţii cîmpului magnetic faţă de unda inducţiei magnetice, are două componente: una asincronă, proporţională cu alunecarea, datorată curenţilor turbionari din rotor, (care asigură pornirea) şi una sincronă, constantă, independentă de turaţie şi proporţională cu aria suprafeţei ciclului de histerezis. Componenta asincronă descreşterea cu creşterea turaţiei şi devine zero la sincronism. **M.cu h.** au cuplu mare de pornire (cu 3...5% mai mari decît cuplul staţionar maxim, ceea ce îl face potrivit pentru acţionarea mecanismelor cu moment mare de inerţie, de ex., giroscoape). **M.cu h.** actuale, utilizate la servomotoare şi în sistemele de urmărire (de ex., în tehnica spaţială), au randamente pînă la 80% faţă de 0,5% cît aveau primele tipuri construite încă în 1901 de către *Steinmetz*.

motor cu întrefier axial → servomotor.

motor cu reluctanţă variabilă, motor sincron reactiv (fără excitaţie).

motor cu repulsie → motor de curent alternativ cu colector.

motor de curent alternativ cu colector, motor alimentat în curent alternativ, prevăzut cu înfăşurare rotorică de tip indus, cu colector (asemănătoare cu a motorului de curent continuu). Se

construiesc *m.de c.a. cu c. monofazate*, cele mai răspîndite fiind cele monofazate serie cu colector şi cu repulsie şi *trifazate*, cel mai frecvent cu înfăşurarea rotorului conectată în derivaţie. *Motorul serie monofazat* are statorul confecţionat din tole în care sînt practicate $4p$ crestături mari, în care se aşază înfăşurarea de excitaţie, şi un număr mare de crestături mici, pentru înfăşurarea de compensaţie (fig. 185). Polul auxiliar, pe care

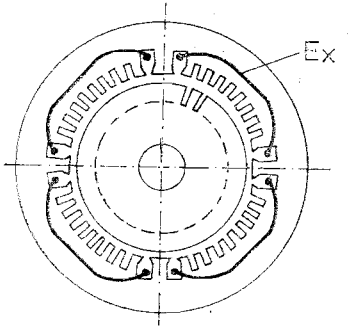


Fig. 185

se află înfăşurarea de comutaţie, se află între două crestături mari vecine. Toate înfăşurările sînt înseriate cu înfăşurarea indusului. Caracteristicile mecanice sînt asemănătoare cu ale motorului de curent continuu cu excitaţie în serie. Reglarea turaţiei se obţine prin modificarea tensiunii de alimentare. Comutaţia este mai dificilă decît la motorul de curent continuu, din cauza tensiunii electromotoare induse în secţia care comută de către fluxul magnetic alternativ (tensiunea transformatorică). Pentru ameliorarea comutaţiei se folosesc diferite scheme de şuntare a excitaţiei sau se alimentează motorul la frecvenţă redusă (de ex., motorul de tracţiune electrică de pe locomotivele alimentate la 15 kV monofazat, 16 2/3 Hz). *Motorul universal* poate funcţiona atît în curent continuu cît şi în curent alternativ. Se construieşte pentru puteri mici şi turaţii mari (15 000...18 000 rot/min) şi se foloseşte la acţionarea unor scule portabile (de ex., maşini de găurit) sau aparate electrocasnice (de ex., aspiratoare de praf, roboţi de bucătărie etc.). *Motorul cu repulsie* poate fi cu perii fixe şi două înfăşurări pe stator (motorul Atkinson) sau cu perii decalabile şi o singură înfăşurare pe stator (cel mai răspîndit). Periile sînt scurtcircuitate, ceea ce permite construirea rotorului pentru tensiuni mici şi alimentarea statorului cu tensiuni mari. Se utilizează la puteri de 0,4...75 kW în acţionări reglabile (de ex., în industria textilă) şi la maşini de ridicat (pînă la 150 kW). Domeniul de reglare a turaţiei prin decalarea periilor este de (0,7... ...1,1)$n_{sincron}$, la cuplu nominal, şi (0,4...1,2)$n_{sincron}$, la cuplu redus. Datorită caracteristicilor mecanice de tip serie, motorul cu repulsie se poate ambala în gol, motiv pentru care se utilizează întreruptoare centrifugale care îl deconectează la depăşirea unei turaţii impuse. *Motorul trifazat cu colector cu înfăşurare derivaţie şi alimentare prin rotor* (motor Schrage-Richter) cu reglarea turaţiei prin decalarea periilor se utilizează în industria textilă (la acţionarea maşinilor de filat), în industria cauciucului (la calandre), în poligrafie (la rotative), datorită domeniului bun de reglare (1 : 3), pornirii fără reostat (prin decalarea periilor) şi cuplului mare de pornire, (2...3) M_n. Importanţa **m.de c.a. cu c.** (în afara celor universale, de putere mică) a început să scadă o dată cu dezvoltarea mutatoarelor cu tiristoare, care permit realizarea acţionărilor reglabile cu motoare asincrone, sincrone sau de curent continuu.

motor de curent continuu, → *maşină electrică de curent continuu* construită pentru a funcţiona în regim de motor. Puterea maximă a **m. de c.c.** este limitată la cca 10 MW, căci întreaga

putere transmisă rotorului trece prin contactele alunecătoare perii-colector. Tensiunea nominală nu depășește, în mod obișnuit, 1 500 V, din cauza dificultății asigurării unei tensiuni de maximum 20 V între două lamele de colector vecine, pentru a se evita apariția *→ cercului de foc* la colector (**m.de c.c.** de tracțiune de pe locomotivele alimentate la 3 000 V funcționează conectate două cîte două în serie). Colectorul mărește gabaritul și costul motorului și îi micșorează fiabilitatea în comparație cu motoarele asincrone. Totuși, **m.de c.c.** se utilizează în numeroase acționări electrice datorită modului simplu și economic de modificare a turației prin tensiunea de alimentare și prin slăbire de cîmp. Frînarea **m.de c.c.** are caracteristici mecanice favorabile, trecerea la frînarea cu recuperare se face fără dificultăți, chiar pentru oprire, dacă tensiunea de alimentare este reglabilă și dacă sursa permite inversarea sensului de transfer al puterii. Sursele de curent continuu pot fi convertizoare electromecanice (grupuri motor-generator), redresoare, baterii de acumulatoare, convertoare electrochimice (pile de combustie) etc. O dezvoltare rapidă a acționărilor cu **m.de c.c.** a avut loc după apariția dispozitivelor electronice de putere *(→ mutator)*. Redresoarele comandate cu tiristoare și variatoarele de tensiune cu impulsuri permit o pornire lină, fără pierderi suplimentare și o reglare economică a vitezei de rotație. La alimentarea de la baterie (de ex., la electromobile) prin utilizarea tiristoarelor se mărește durata de utilizare a baterici, între două încărcări succesive a acumulatoarelor. La pornirea **m.de c.c.** tensiunea electromotoare indusă este nulă, iar curentul ia o valoare limitată numai de rezistența înfășurării indusului și de rezistența de trecere la perii ($I_p = U/R_a$). Pentru micșorarea șocului de curent, pornirea se face cu tensiunea progresiv crescătoare sau cu reostate, a căror rezistență se micșorează pe măsură ce viteza unghiulară a motorului crește. Schimbarea sensului de rotație (schimbarea semnului cuplului motor $M = k\Phi I$) se poate face prin schimbarea sensului curentului în înfășurarea de excitație (schimbarea sensului fluxului Φ) sau prin schimbarea sensului curentului I, inversînd legăturile la perii sau schimbînd polaritatea tensiunii de alimentare a indusului (sensul de rotație nu se modifică dacă se schimbă și sensul curentului prin indus, și sensul curentului de excitație). Prima metodă are avantajul utilizării unor contactoare de curent mic, dar prezintă inerție mare datorită inductivităților mari din circuitul de excitație. Modificarea vitezei **m.de c.c.** se poate face prin modificarea tensiunii de alimentare, a curentului de excitație (slăbire de cîmp) sau prin introducerea de rezistențe în circuitul rotorului. Caracteristicile mecanice $\Omega = f(M)$ corespunzătoare acestor metode de reglare sînt date în fig. 186 pentru **m.de c.c.** cu excitație în *derivație* sau *separată*. Ecuația caracteristicii mecanice $\Omega = U/(k\Phi) - RM/(k\Phi)^2$, se obține introducînd în ecuația de tensiuni $U = RI + k\Phi\Omega$ expresia curentului din $M = k\Phi I$. La

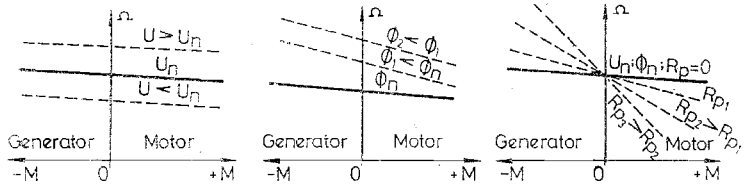


Fig. 186

modificarea tensiunii prin alimentarea de la un generator (grup Ward-Leonard), sau de la un redresor comandat, se modifică viteza de mers în gol ideal $\Omega_0 = U/(k\Phi)$. Introducerea rezistențelor în rotor, recomandată numai la puteri mici, din cauza pierderilor de energie pe rezistențe, micșorează considerabil rigiditatea caracteristicilor mecanice. La scăderea fluxului de excitație, turația crește, iar caracteristicile devin, de asemenea, mai puțin rigide. La *m.de c.c. cu excitație în serie* fluxul depinde de curentul indusului (de sarcină), astfel că la sarcini mici viteza tinde să ia valori mari la mers în gol; **m.de c.c.** cu excitație în serie se ambalează. Caracteristicile sale mecanice sînt prezentate în fig. 187. Slăbirea cîmpului se obține prin conectarea unor rezistențe în paralel cu înfășurarea de excitație sau, mai rar, prin modificarea numărului de spire (în două sau trei trepte) ale bobinelor de excitație. Modificarea tensiunii la acționările cu mai multe motoare (de ex., la locomotive) cu tensiune constantă se folosește conexiunea *mixtă-adițională*, la care înfășurarea serie întărește cîmpul la creșterea curentului de sarcină, compensînd astfel efectul demagnetizant al reacției indusului; caracteristica mecanică are o pantă mai mare decît la **m. de c.c.** cu excitație în derivație. Frînarea **m. de c.c.** se poate face în trei moduri: cu recuperare, reostatic și prin conectare inversă. *La frînarea recuperativă* **m. de c.c.** cu excitație în derivație trece în regim de generator, la creșterea vitezei peste viteza unghiulară de mers în gol ideal Ω_0 schimbîndu-se sensul curentului indusului $(I = k\Phi\,(\Omega_0 - \Omega)/R)$. Excitația **m. de c.c.** cu excitație în serie trebuie alimentată separat. Sursa de curent continuu trebuie să fie capabilă să primească energia de curent continuu recuperată (de ex., o baterie de acumulatoare, un generator de curent continuu sau un redresor comandat, cu tiristoare; redresorul cu diode nu permite

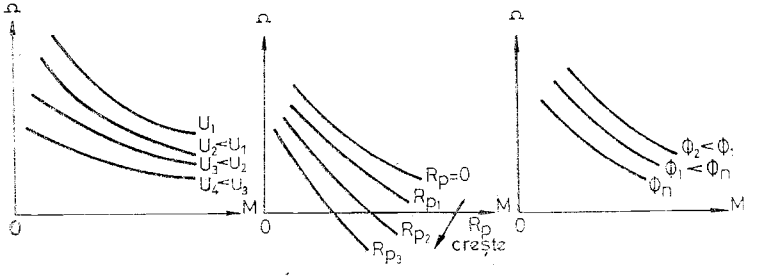


Fig. 187

se poate obține prin legarea motoarelor în serie și în paralel. *M. de c.c. cu excitație mixtă* are o comportare asemănătoare cu motorul cu excitație în derivație sau cu motorul cu excitație în serie, după cum ponderea în producerea fluxului o are înfășurarea serie sau înfășurarea derivație. La alimentarea de la rețea frînarea cu recuperare). Frînarea recuperativă nu se poate aplica la oprirea **m. de c.c.** decît dacă tensiunea sursei se poate micșora continuu (cazul grupului Ward — Leonard) sau al redresoarelor cu tiristoare. În rest se aplică pentru menținerea acționării la viteză constantă (de ex. la coborîrea sarcinii instalațiilor de ridi-

cat sau la coborîrea pantelor de către vehiculele acționate electric). *Frînarea reostatică* (dinamică) se face prin deconectarea motorului de la rețea și conectarea sa în regim de generator autoexcitat pe un reostat de sarcină (la **m. de c.c.** cu excitație în serie trebuie inversate legăturile la înfășurarea serie pentru a se asigura condiția de autoexcitare). *Frînarea prin conectare inversă* (frînarea propriu-zisă) obținută prin schimbarea sensului cuplului electromagnetic (prin schimbarea sensului curentului sau fluxului) la același sens de rotație (cazul mașinilor unelte, vehiculelor cu tracțiune electrică) sau prin schimbarea sensului de rotație, la același sens al cuplului electromagnetic (cazul instalațiilor de ridicat). **M. de c.c.** cu excitație în serie, se utilizează, în primul rînd, în tracțiunea electrică (locomotive, electrocare, electrostivuitoare, tramvaie, troleibuze, metrouri), la acționarea instalațiilor de ridicat, excavatoarelor etc. Cele cu excitație derivație și mixtă se aplică la mașini-unelte, laminoare, în industria textilă etc.

motor electric, mașină electrică care transformă energia electrică în energie mecanică. După felul tensiunii de alimentare **m.e.** pot fi de curent continuu și de curent alternativ, monofazate sau trifazate. **M.e.** de curent alternativ pot fi de tip asincron, cu sau fără colector sau de tip sincron (→ *acționare electrică*).

motor liniar, motor electric la care mișcarea părții mobile este de translație. În procesul de conversie a energiei electrice în energie mecanică, caracterizat, ca și la motoarele rotative, de inducerea unor tensiuni electromotoare prin deplasarea relativă a conductoarelor față de cîmpul magnetic și de apariția unor forțe electromagnetice exercitate asupra conductoarelor parcurse de curent și aflate în cîmp magnetic, se produc pierderi: în înfășurări (p_{Cu}); în circuitul magnetic (p_{Fe}); mecanice, prin frecare (p_m). Pentru îndepărtarea căldurii produse de aceste pierderi se folosesc diferite medii de răcire, cel mai frecvent fiind aerul. Avantajele **m.l.** sînt: posibilitatea obținerii directe a mișcării de translație, necesare în unele acționări, fără a se recurge la roți de rulare, organe de înfășurare pentru benzi sau cabluri, mecanisme cu excentric sau cu bielă-manivelă etc.; posibilitatea folosirii inductoarelor bilaterale; densități mari de curent în indusurile de lungime mare față de inductor. Dezavantajele sînt legate de fenomenele de nesimetrie (efecte de capăt și de margine), de necesitatea unui întrefier mai mare, care reduc randamentul și factorul de putere și de captarea curentului, la **m.l.** cu inductor mobil. Fiecare tip de motor electric rotativ își are corespondentul său liniar. *M.l. de curent continuu* are indusul feromagnetic prevăzut cu înfășurări și colector liniar, iar inductorul, cu poli, așezați de o parte sau de ambele părți ale indusului. *M.l. sincron* poate să fie heteropolar sau omopolar, cu excitație convențională sau supraconductoare. Cel mai răspîndit **m.l.** este *m.l. asincron* (de inducție), care corespunde motorului asincron rotativ cu rotorul în scurtcircuit (fig. 188). În varianta

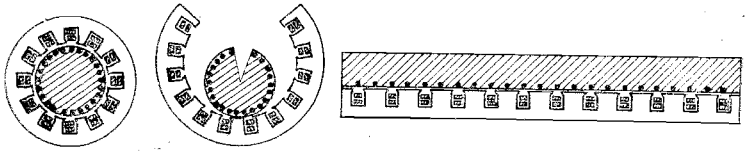


Fig. 188

trifazată, inductorul (impropriu statorul, deoarece poate fi mobil), cu înfășurare amplasată în crestături practicate în pachete de tole, este alimentat cu tensiuni trifazice simetrice. Cîmpul magnetic produs de înfășurare are amplitudine constantă și se deplasează de-a lungul inductorului, în sensul succesiunii fazelor, cu viteza $v_0 = 2\tau/T = \omega\tau/\pi = f_1 l/p = 2\tau f_1$ unde τ — pasul polar, l — lungimea inductorului, p — numărul de perechi de poli, f_1, T, ω — frecvența, perioada și pulsația tensiunii de alimentare. Prin deplasarea acestui cîmp magnetic, de inducție $\vec{B}$, față de indusul format dintr-o placă de cupru, aluminiu, oțel sau o combinație a lor, se induc tensiuni electromotoare, care dau naștere la curenți turbionari, de densitate $\vec{J}$. Asupra elementului de volum al indusului (armăturii) se exercită o forță electromagnetică elementară $d\vec{F} = (\vec{J} \times \vec{B})dv$. Forța de propulsie pune în mișcare indusul sau inductorul (dacă indusul este fix). Viteza v a armăturii trebuie să fie mai mică decît viteza de sincronism, deci alunecarea $s = (v_0 - v)/v_0 < 1$. În regim de generator (frînare recuperativă suprasincronă), $s < 0$; în regim de frînă (prin conectare inversă), $s > 1$. Caracteristicile de funcționare diferă față de cele de la motorul asincron rotativ, din cauza nesimetriei circuitului magnetic, care produce efecte nedorite. *Efectul longitudinal* sau *de capăt*, important, în special, la viteze apropiate de cea sincronă, constă în neuniformitatea și deformarea repartiției inducției magnetice de-a lungul inductorului, în comparație cu cazul motorului rotativ, cauzate de stabilirea, respectiv stingerea curenților turbionari la intrarea și ieșirea porțiunilor de armătură din cîmp, care caută să întîrzie stabilirea inducției magnetice. Efectul longitudinal duce la apariția unor forțe parazite (de sens contrar forței de propulsie) și la încălziri suplimentare. *Efectul transversal* sau *de margine* constă în aceea că în indus, sub marginile inductorului, curenții au componente longitudinale, care nu contribuie la producerea forței, ci deformează repartiția inducției magnetice în întrefier în plan transversal. Ambele efecte sînt negative, cauzînd scăderea randamentului **m.l.** Pentru diminuarea efectului de capăt se pot folosi înfășurări speciale (în trepte), mai complicate tehnologic, sau se mărește lungimea inductorului. Efectul de margine se poate limita prin alegerea optimă a raportului dintre lățimea inductorului și pasul polar. După forma inductorului, **m.l.** pot să fie plane, în formă de arc de cerc (sector de cerc) sau cilindrice. Dacă indusul este constituit dintr-un metal lichid dispus într-un canal (mercur sau metale topite: Na, K, Al, oțel, fontă etc.), **m.l.** este o *pompă magnetohidrodinamică*, utilizată în turnătorii (la turnarea continuă) sau în centralele nucleare, la vehicularea agenților schimbătoarelor de căldură. **M.l.** se folosesc la → *agitatoare inductive*, în tracțiunea electrică, la mașini de ridicat (poduri rulante, ascensoare) sau de transportat (benzi transportoare), la acționarea ciocanelor de forjă etc. Performanțele **m.l.** sînt scăzute la viteze mici, deoarece lungimea pasului polar este mică față de întrefier (pentru viteze de 10 m/s, la 50 Hz, pasul polar trebuie să fie de 0,1 m). Nu se pot construi **m.l.** scurte și ușoare, care să dezvolte forțe mari la viteze mici. **M.l.** de mare viteză, folosite prin anii '40 la catapultarea avioanelor militare de pe puntea portavioanelor, se aplică, în prezent, la vehiculele cu pernă de aer sau cu → *pernă magnetică* de mare viteză (peste 250 km/h).

motor oscilant, motor electric la care mișcarea relativă a celor două

părți componente principale este oscilantă (du-te-vino). Partea fixă și partea mobilă (oscilantă) a **m.o.**, cuplate, sau nu, cu resorturi, conțin una sau mai multe bobine, ale căror inductivități (proprii sau mutuale) se modifică în timpul mișcării. După modul de amplasare a bobinelor și de variație a inductivităților lor se deosebesc: *m.o. electromagnetice*, la care se modifică inductivitatea proprie (la fel ca la electromagneți); *m.o. electrodinamice*, la care se modifică inductivitatea mutuală a bobinelor amplasate pe fiecare din cele două părți principale; *m.o. reactive*, care funcționează pe principiul mașinii sincrone reactive, avînd mai multe bobine, amplasate numai pe una din părți (de obicei, pe cea fixă), a căror inductivitate mutuală se modifică prin deplasarea părții mobile. Există o mare diversitate constructivă de **m.o.**, cu numeroase utilizări: acționarea pompelor de putere mică și a compresoarelor de frigider, ciocanelor percutante sau vibratoarelor pentru betoane, jgheaburilor vibratoare sau suveicilor mașinilor textile, mașinilor de ras, tuns sau pentru masaj etc. Pentru micșorarea frecvenței tensiunii de alimentare, care de regulă este egală cu frecvența de oscilație proprie, se folosesc mutatoare care aplică numai a doua, a treia sau a patra alternanță. Sin. *oscilomotor*.

motor pas cu pas, mașină electrică funcționînd în regim de motor care convertește impulsuri electrice în modificări discrete ale unghiului de poziție rotoric. Înfășurările statorice sînt concentrate, amplasate pe poli aparenți sau sînt repartizate în crestături. Rotorul are un număr mare de poli, adesea sub forma unei roți dințate. Dacă polii rotorului nu sînt magnetici (magneți permanenți sau electromagneți alimentați prin inele), **m.p. cu p.** se numește *reactiv*, iar dacă are magneți permanenți, se numește *activ*. Înfășurările statorului se alimentează succesiv, sau mai multe deodată, de la un generator de impulsuri electronic, comandat de un dispozitiv de comandă care aranjează succesiunea impulsurilor în ordinea dorită. Frecvența maximă a impulsurilor este limitată de cuplul rezistent la arbore și de momentul total de inerție. Cuplul limită al **m.p. cu p.** reprezintă cuplul maxim rezistent în anumite regimuri (regim permanent, pornire, reversare) la o anumită frecvență de comandă, fără să se producă pierdere de pași și ieșirea din sincronism. **M. p. cu p.** sînt utilizate în comanda automată numerică, în special, la dispozitivele de poziționare a mașinilor-unelte (mașini de frezat, mașini de găurit prin coordonate etc.). **M. p. cu p.** asigură conversia numeric-analogică și realizează sisteme de reglare în circuit deschis de mare precizie și mult mai ieftine decît cele în circuitul închis (cu legătură inversă). Performanțele unui **m.p. cu p.** sînt: cuplul reactiv de sincronizare, de care depinde eroarea de poziție unghiulară; viteza de răspuns (timpul de realizare a unui pas); gradul de amortizare a oscilațiilor rotorului la trecerea de pe o poziție pe alta; frecvența maximă de comutare fără pierdere de pași și fără pași în plus; siguranța în funcționare.

motor sincron, → *mașină sincronă* construită pentru a funcționa în regim de motor. **M.s.** necesită aparataj complex de pornire și protecție, motiv pentru care se folosește, de regulă, la puteri mari (peste 100 kW), la care costul accesoriilor devine mic în comparație cu costul motorului. **M.s.** prezintă indicatori energetici superiori și siguranță mărită în funcționare față de motorul asincron. Randamentul mare (0,96 ... 0,98) se datorește inexistenței pierderilor în rotor. Factorul de putere depinde de curentul de excitație; în regim supraexcitat **m.s.** are factor

de putere capacitiv, furnizînd rețelei de alimentare putere reactivă, reglabilă, înlocuind o parte din bateriile de condensatoare de îmbunătățire a factorului de putere. Întrefierul nu influențează factorul de putere, ca la motorul asincron și poate fi de 2 ... 4 ori mai mare decît al acestuia, mărindu-se astfel siguranța în funcționare (se evită situațiile de avarie cînd rotorul freacă statorul ca urmare a uzării lagărelor). Cuplul electromagnetic depinde de puterea întîi a tensiunii de alimentare, încît **m.s.** nu este atît de sensibil la variații de tensiune ca motorul asincron. La scăderea tensiunii, printr-o mărire corespunzătoare a excitației (→ *forțarea excitației*) se poate păstra valoarea maximă a cuplului electromagnetic. La puteri peste 200 kW și turații sub 600 rot/min, **m.s.** sînt mai ieftine decît motoarele asincrone, iar la puteri peste 2 000 kW, masa lor este cu 10 ... 20% mai mică. Pornirea **m.s.** (care nu dezvoltă cuplu de pornire sincron la frecvență constantă) se poate face cu motor auxiliar (de lansare) sau în asincron. În perioada pornirii în asincron, care este cea mai folosită, înfășurarea de excitație se conectează la o rezistență de descărcare (de 7 ... 10 ori mai mare decît rezistența înfășurării de excitație), în scopul micșorării tensiunii induse de cîmpul magnetic învîrtitor în înfășurarea inductorului, care poate depăși 10 kV, dacă înfășurarea de excitație este deschisă și poate periclita izolația dintre inelele colectoare. La atingerea alunecării minime (3 ... 5%), înfășurarea de excitație se deconectează de pe rezistența de descărcare și se conectează la sursa de curent continuu de excitație. Comanda automată a pornirii în asincron se poate face, în funcție de timp (cu relee de timp), în funcție de curentul statoric sau în funcție de tensiunea indusă în rotor (cu relee de tensiune minimă, polarizate). Reglarea curentului de excitație urmărește asigurarea funcționării optime a motorului sub aspectul stabilității (la acționări cu șocuri de sarcină), furnizarea puterii reactive maxime sau menținerea factorului de putere optim. Din ecuația de tensiuni a **m.s.** cu poli înecați de putere mare (la care se poate neglija rezistența înfășurării statorice față de reactanța sincronă) $\underline{U} = jX_s\underline{I} - \underline{U}_{e0}$ ($\underline{U}$ — tensiunea la borne, $\underline{U}_{e0}$ — tensiunea electromotoare indusă de fluxul inductor, proporțional cu intensitatea curentului de excitație, $\underline{I}$ — curentul statoric, X_s — reactanța sincronă) rezultă că locul geometric al curentului statoric, la tensiune de alimentare și curent de excitație constante, este un cerc, $\underline{I} = \underline{U}/jX_s + \underline{U}_{e0}/jX_s$ (fig. 189). Mărimea variabilă este sarcina motorului (unghiul de sarcină ϑ, unghiul de defazaj dintre fazorii $\underline{U}$ și $\underline{U}_{e0}$). La diferite valori ale curentului de excitație se obțin, ca locuri geometrice, cercuri concentrice. Dacă fazorul tensiunii $\underline{U}$ este în axa imaginară, în cadranul II curentul este capacitiv (regim supraexcitat), iar în cadranul I curentul este inductiv (regim subexcitat). Cadranele III și IV, în care ϑ are semn schimbat, corespund regimului de generator. Puterea activă absorbită de la rețea (deci și cuplul electromagnetic, în ipoteza neglijării pierderilor) este proporțională cu curentul $I\cos\varphi$ (dreapta $P = \text{const}$), iar puterea reactivă, cu $I\sin\varphi$ (dreapta $Q = \text{const}$). La modificarea sarcinii **m.s.**, pentru a se menține la valori constante factorul de suprasarcinabilitate (cuplul maxim), factorul de putere sau putere reactivă furnizată, este necesară o modificare corespunzătoare a curentului de excitație. Variația curentului statoric în funcție de curentul de excitație, la putere constantă, este dată de → *curbele în V*. Reglarea automată a excitației **m.s.** se face la: $\cos\varphi = \text{const}$; $Q = \text{const}$; $U = \text{const}$; $\Sigma p_{motor} = \text{minim}$; $\Sigma p_{rețea} = \text{minim}$ (Σp — suma pierderilor).

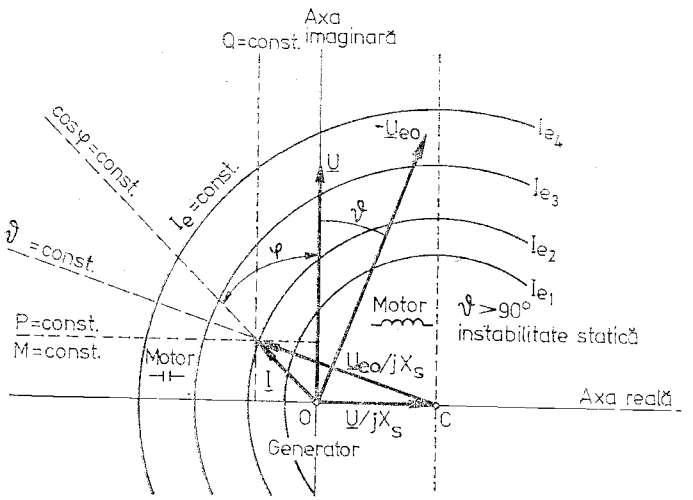


Fig. 189

Ca parametru de reglare se poate lua unghiul φ (defazajul dintre curentul statoric și tensiune, I, $I\cos\varphi$, U, Q, ϑ, $\frac{d\vartheta}{dt}$. La **m.s.** cu sarcină lent variabilă, cea mai utilizată lege de reglare automată este la $\cos\varphi = \text{const}$. Înfășurarea de excitație a **m.s.** poate fi alimentată de la generatoare rotative de curent continuu sau de la redresoare, fixe sau rotative (→ *excitație statică*). Se fabrică, de asemenea, **m.s.** cu magneți permanenți. **M.s.** se utilizează la puteri medii, mari și foarte mari (pînă la 10 MW), la turații de 100 ... 3 000 rot/min pentru acționarea compresoarelor și suflantelor, pompelor și ventilatoarelor de mare putere, concasoarelor, morilor de cărbuni și minereuri, generatoarelor, grupurilor Ward-Leonard, laminoarelor nereversibile etc.

multiplicator de frecvență → triplor de frecvență.

multiplicator fotoelectric, fotomultiplicator.

mumetal → materiale magnetice.

mutator, instalație care se interpune între două sisteme electrice cu scopul de a modifica parametrii energiei electrice (tensiune, curent, frecvență, număr de faze). În prezent, **m.** se bazează pe dispozitive electronice de putere (diode de siliciu, tiristoare, triacuri, tranzistoare de putere etc.), utilizarea ventilelor ionice (tiratron, excitron, ignitron) fiind restrînsă la unele aplicații speciale (de ex., la instalații de înaltă tensiune). În afară de ventile, **m.** conține transformatoare, bobine de reactanță, condensatoare, siguranțe fuzibile ultrarapide și echipament electronic de comandă și reglare. Clasificarea **m.** (fig. 190) : → *redresorul* transmite energia de la o rețea de curent alternativ de o frecvență oarecare la o rețea de curent continuu (frecvență zero) ; → *invertorul* transmite energia de la o sursă de curent continuu la o rețea de curent alternativ de frecvență oarecare ; → *cicloconvertorul* transmite energia între două rețele de curent alternativ, de frecvențe diferite, fără a se trece

prin faza de curent continuu ; *variatoarele de tensiune* transmit energia între două rețele de aceeași frecvență : *variatorul de tensiune alternativă* (*contactor static* de curent alternativ cu control de fază) modifică valoarea medie și efectivă a tensiunii prin întîrzierea impulsurilor de comandă a tiristoarelor ; → *variatorul de tensiune continuă* (*contactor static* de curent continuu cu impulsuri modulate, chopper) transmite energia de curent continuu de la o sursă la un receptor, modificînd valoarea medie a tensiunii sub formă de impulsuri cu durată variabilă sau frecvență variabilă. După modul cum se face → *comutația* tiristoarelor, **m.** pot fi cu comutație *naturală* sau cu comutație *forțată*. *M. cu comutație naturală* (de la rețea) asigură comutația (trecerea curentului de pe un tiristor pe altul) în mod natural, în momentul anulării curentului pe fazele rețelei de curent alternativ. **M.** poate funcționa în regim de redresor sau de invertor. *M. cu comutație forțată* au nevoie de un sistem propriu de comutație (un condensator sau o sursă auxiliară de tensiune alternativă de putere mică). **M.** se utilizează pe scară largă în acționări electrice, electrochimie și electrotermie, iluminat electric, electrotehnologie etc.

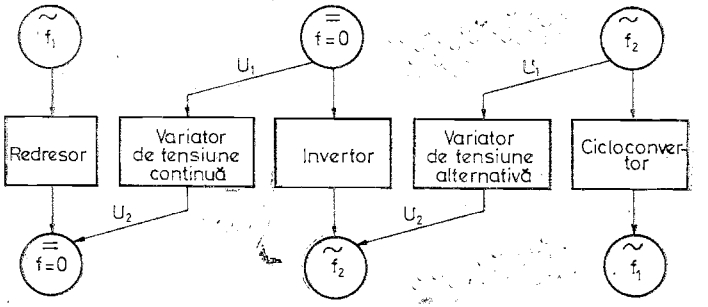


Fig. 190

mutator direct de frecvență, cicloconvertor.

N

n (nano) → **unități de măsură.**

n, simbol pentru turație.

n,N, simbol pentru conductorul neutru (nul).

n, simbol pentru conducție electronică în semiconductoare.

N, **neper** (→ *atenuare*).

N, **newton**.

N, numărul lui Avogadro (→ *tabelul* 2).

N, simbol pentru numărul de spire ale unei înfășurări.

N, simbol pentru polul nord al unui magnet sau electromagnet.

nabla, ∇ (operatorul lui Hamilton), operator diferențial vectorial de ordinul întîi, $\nabla = \bar{i}\frac{\partial}{\partial x} + \bar{j}\frac{\partial}{\partial y} + \bar{k}\frac{\partial}{\partial z}$. Se fac operații ca și cu un vector: produsul cu un scalar al unui cîmp, $\nabla V = \bar{i}\frac{\partial V}{\partial x} + \bar{j}\frac{\partial V}{\partial y} + \bar{k}\frac{\partial V}{\partial z} = \text{grad } V$, reprezintă → *gradientul* scalarului respectiv; produsul scalar cu un vector cîmp, $\nabla \bar{G} = \frac{\partial G_x}{\partial x} + \frac{\partial G_y}{\partial y} + \frac{\partial G_z}{\partial z} = \text{div } \bar{G}$, reprezintă → *divergența* vectoruhi cîmp; produsul vectorial cu un vector cîmp, $\nabla \times \bar{G} = \bar{i}\left(\frac{\partial G_z}{\partial y} - \frac{\partial G_y}{\partial z}\right) + \bar{j}\left(\frac{\partial G_x}{\partial z} - \frac{\partial G_z}{\partial x}\right) + \bar{k}\left(\frac{\partial G_y}{\partial x} - \frac{\partial G_x}{\partial y}\right) = \begin{vmatrix} \bar{i} & \bar{j} & \bar{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ G_x & G_y & G_z \end{vmatrix} = \text{rot } \bar{G}$, reprezintă → *rotorul* vectorului cîmp. Prin înmulțirea scalară (formală) a lui **n.** cu el însuși se obține → *laplacianul* (operatorul lui Laplace) $\nabla\nabla = \nabla^2 = \Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$.

neutru. **1.** Proprietate a unui corp de a nu avea sarcină electrică. **2.** → **punct neutru.**

nichel, Ni, metal feromagnetic. Punct de topire 1 455°C; punct de fierbere 3 075°C; densitatea 8,9 g/cm³; rezistivitatea cca $6 \cdot 10^{-6}\Omega$cm. **N.** este malcabil, ductil și sudabil, rezistent la coroziune. În electrotehnică se utilizează ca element de aliere pentru → *aliaje de mare rezistivitate*, → *materiale magnetice*, și în → *acumulatoare*.

nichelină → **aliaj de mare rezistivitate.**

nivel de izolație → **coordonarea izolației.**

nivel de tensiune, valoare medie a tensiunii într-o rețea, caracterizînd calitatea energiei electrice transmise. **N.de t.** depinde de încărcarea rețelei (→ *pierderi de tensiune*).

nod, punct de legătură a cel puțin două laturi ale unui circuit electric (în sens larg). La calculul curenților, în **n.** se aplică → *teorema I a lui Kirchhoff. Metoda tensiunilor între n.* (metoda perechilor de **n.**), aplicabilă la calculul circuitelor electrice lineare, constă în alegerea unei valori de referință nule pentru potențialul unui **n.** și în utilizarea potențialelor celorlalte **n.** ca necunoscute auxiliare. Sursele de tensiune sînt înlocuite prin

surse de curent (pe baza → *teoremei lui Norton*), iar rezistențele, prin conductanțe. Într-o schemă cu $n + 1$ **n.** se obțin, din teorema I a lui Kirchhoff n ecuații cu n necunoscute (potențialele **n.**). *În sens restrîns*, **n.** reprezintă un punct definit pentru calculul structurii rețelelor electrice, în care elementele de producere, de transformare sau de utilizare a energiei electrice sînt legate între ele (de ex., un **n.** poate reprezenta o stație de conexiuni de înaltă tensiune, cu toate generatoarele, transformatoarele sau receptoarele conectate la barele de înaltă tensiune). *Analiza nodală a unui sistem energetic* constă în separarea rețelei pe **n.** și înlocuirea legăturilor dintre **n.** prin mașini echivalente, caracterizate de anumite sarcini și anumiți curenți de scurtcircuit.

Nollet, Jean Antoine (1700—1770), fizician francez. Profesor la Paris. Lucrări de electrostatică și de chimie a soluțiilor diluate. Inventator al electroscopului (1747) cu două fire de in ce susțin bobițe de soc și al electroscopului cu foițe de aur (1750). A înlocuit apa din butelia de Leyda cu foițe de staniu sau de cupru. A pus bazele fizicii experimentale în Franța.

normal deschis, calitate a unui contact de a fi deschis atunci cînd dispozitivul de acționare (electromagnet, buton etc.) nu este acționat.

normal închis, calitate a unui contact de relcu, contactor, buton etc. de a fi închis, atunci cînd dispozitivul de acționare (electromagnet, buton etc) nu este acționat.

normă de consum de energie electrică, cantitatea de energie electrică care se poate consuma de către un receptor într-un anumit interval de timp. *Normele specifice* (consumurile specifice) se referă la consumul energetic pe unitatea de produs (de ex., kWh/t, kWh/buc., kWh/m² de produs etc.). Exemple: 800 kWh/t de oțel electric; 3 000 kWh/t cupru electrolitic; 17 000 kWh/t aluminiu electrolitic; 1 000 kWh/t hîrtie; 2 000 kWh/t îngrășăminte azotat; 50 kWh/t minereuri neferoase extrase; 0,1 kWh/m³ aer comprimat (5 bar); 2 kWh/m³ oxigen; 25 kWh/buc. anvelope etc.

O

o, simbol pentru protecție antiexplozivă prin imersiune în ulei.

Ω, simbol pentru viteza unghiulară.

Ω → ohm.

ω, simbol pentru → **pulsație.**

Ωm, simbol pentru unitatea de rezistivitate.

ochi de circuit, sistem de laturi ale unui circuit electric, care formează o buclă închisă. *Metoda ochiurilor independente*, de rezolvare a circuitelor electrice, stabilește, prin aplicarea teoremei a II-a a lui Kirchhoff, un număr de ecuații egal cu numărul de **o.de c.** independente, $o = l - (n - 1)$, l fiind numărul laturilor și n — numărul nodurilor. Din aceste ecuații se obțin o curenți independenți, aleși arbitrar. Restul curenților se determină cu ajutorul teoremei a I-a a lui Kirchhoff.

oersted (**Oe**), unitate de măsură (tolerată) a intensității cîmpului magnetic în sistemul CGS electromagnetic neraționalizat. 1 Oe = $10^3/4\pi \approx 79{,}6$ A/m.

Oersted, Hans Christian (1777—1851), chimist și fizician danez. Profesor universitar la Copenhaga. A descoperit efectul magnetic al curentului electric (1820), observînd că acul magnetic este deviat în vecinătatea unui conductor străbătut de curent electric. Această descoperire a impulsionat noi cercetări în electromagnetism. A emis ipoteza, confirmată ulterior, că și magnetul exercită o forță asupra unui conductor parcurs de curent. A descoperit aluminiul (1825), izolîndu-l sub formă pulverulentă și a studiat compresibilitatea lichidelor cu un piezometru de construcție proprie (1804).

Ohm, Georg Simon (1787—1854), fizician german. Profesor universitar la Nürnberg. A comunicat (1826) legea conducției electrice (*legea lui* **O.**), în urma studiului experimental a legăturii dintre intensitatea curentului dintr-un conductor, tensiunea aplicată la borne și rezistența sa. A introdus o terminologie științifică în fenomenele electrocinetice, comparînd curentul electric cu debitul unui fluid, diferența de potențial cu o diferență de nivel și a definit precis sarcina electrică, intensitatea curentului și tensiunea electromotoare. În 1830, a semnalat, independent de A. Becquerel, fenomenul de polarizare a pilelor galvanice. Cercetări în acustică (teoria sirenelor, 1844) și în optică (interferența luminii polarizate în cristale, 1852). Numele său a fost atribuit unității de măsură a rezistenței electrice — *ohm*.

ohmmetru, instrument electric de măsurat, care indică, direct, valoarea rezistenței electrice măsurate. **O.** se bazează pe → *metoda voltampermetrică*. Dacă tensiunea U aplicată rezistenței de măsurat este cunoscută, ampermetrul poate fi gradat direct în Ω (metoda este aplicată la **o.** analoage). Dacă curentul prin rezistență este constant, voltmetrul poate fi gradat în Ω (cazul **o.** numerice). *O. analoage* pot avea instrumentul magnetoelectric conectat *în serie* cu rezistența de măsurat, sau *în paralel*. La *o. serie*, indicația este invers proporțională cu rezistența ($I = UR_x + r_i$)), deviația maximă fiind la $R_x = 0$ ($I = U/r_i$), deci scara **o.** este inversată. Eroarea este minimă pentru $R_x = r_i$, adică la mijlocul scării. **O.** se alimentează de la baterii de 1,5 V sau 4,5 V. Pentru corectarea tensiunii de alimentare, datorită descărcării bateriei, se introduc potențiometre de ajustare în circuitul sursei. Corecția se face scurtcircuitînd bornele **o.** și reglînd potențiometrul pînă cînd deviația acului este maximă ($R = 0$). **O.** serie se folosesc numai pentru măsurarea rezistențelor mari, căci în cazul rezistențelor foarte mici bateria s-ar descărca repede. Pentru rezistențe mici se folosește conexiunea paralel, la care scara este directă ($R_x = 0$ la $\alpha = 0$). La măsurarea rezistențelor foarte mari (de ex., rezistențele de izolație) se folosesc → *megohmmetre*. **O.** se construiesc și ca → *logometre magnetoelectrice*, care au indicația independentă de tensiunea de alimentare. *O. numerice* măsoară, cu ajutorul unui voltmetru numeric, căderea de tensiune dată de un curent constant pe rezistența de măsurat.

omopolar, de aceeași polaritate. La o mașină electrică **o.**, un pol de o polaritate este urmat de un pol de aceeași polaritate, spre deosebire de mașina → *heteropolară*, la care polaritatea polilor succesivi diferă.

ondulor, invertor.

operator, prescripție de calcul prin care se obține din fiecare element al unei mulțimi cu structură dată, un alt element al unei mulțimi distincte sau nu de mulțimea inițială (de ex., **o.** → *nabla*, **o.** *Carson* etc).

opoziție de fază, defazaj de 180° între două mărimi sinusoidale de aceeași frecvență.

oscilații electromagnetice, oscilații în care energia electrică se transformă în energie magnetică. În *o.e.* neamortizate această transformare este reversibilă; în **o.e.** *amortizate*, o parte din energie se transformă ireversibil în căldură. La o **o.e.** variază în timp intensitățile cîmpului electric și magnetic și nu variază poziția relativă a corpurilor. **O.e.** pot fi localizate (dacă energia electrică este concentrată în condensatoare și energia magnetică în bobine) sau pot fi sub formă de → *unde electromagnetice*, cînd energiile nu sînt concentrate (→ *circuit oscilant*).

oscilograf, aparat de înregistrare a variației în timp a mărimilor electrice (tensiuni, curenți). Părțile componente ale unui **o.** sînt: dispozitivul de măsurare, dispozitivul de observare vizuală, dispozitivul de înregistrare grafică și dispozitivul bazei de timp. Cel mai utilizat este *o. electromecanic cu bucle* care folosește un dispozitiv de măsurare magnetoelectric, compus din două fire de bronz (bucle), pe care este fixată o oglindă, așezate în cîmpul unui magnet permanent. Dispozitivul de observare vizuală și de înregistrare (sistemul optic) folosește o sursă de lumină incandescentă și un sistem de lentile, prisme și ecrane de sticlă mată pentru vizualizare. Spotul de lumină deviat de oglinda dispozitivului de măsurare, dirijat și focalizat de sistemul optic, impresionează hîrtia fotografică sau filmul, antrenate cu viteză constantă de un micromotor electric. Pentru determinarea duratei proceselor studiate, sistemul bazei de timp marchează pe partea de jos a oscilogramei repere de timp. Pentru urmărirea simultană a mai multor procese se construiesc **o.** cu 3...8 dispozitive de măsurare (bucle), fiecare dînd cîte un spot luminos pe hîrtia fotografică.

oscilogramă, diagramă obținută cu ajutorul unui → *oscilograf*, reprezentînd variația în timp a unei mărimi (de ex., $i = f(t)$, $u = f(t)$ etc.).

oscilomotor, motor oscilant.

osciloscop, aparat de vizualizare a variației unor mărimi electrice în funcție de timp sau a unei mărimi în

funcție de altă mărime fizică, cu ajutorul unui fascicul de electroni comandat de semnalul de studiat și proiectat pe ecranul unui tub catodic. **O.** se folosește și pentru măsurarea tensiunii, curentului, puterii, frecvenței, duratei impulsurilor, defazajului, rezistențelor, reactanțelor, sau pentru ridicarea caracteristicilor materialelor magnetice (de ex., curba de histerezis) și a dispozitivelor semiconductoare (diode, tranzistoare, tiristoare etc.). Părțile componente ale **o.** sînt : *tubul catodic*, prevăzut cu un ecran fluorescent, pe care cade fasciculul de electroni, emis de un tun electronic, și deviat de sistemul de deflecție, pe verticală și orizontală; *amplificatoarele* și *atenuatoarele* de deflexie, pentru amplificarea semnalelor prea mici sau atenuarea semnalelor prea mari, înainte de a fi aplicate plăcilor de deflexie; *generatorul de baleiaj* (baza de timp), cu rol de deviere cu viteză uniformă, a fasciculului de electroni, folosit la studierea variației în timp a semnalelor; *sistemul de sincronizare*, folosit pentru a fixa imaginile pe ecran; *blocurile de alimentare, comandă și reglare*. Există **o.** cu două sau mai multe fascicule de electroni, care permit studierea simultană a mai multor fenomene periodice.

oțel de cuptor electric (oțel electric), oțel obținut în cuptoare electrice cu arc sau de inducție, din șarje solide (fier vechi, fontă, feroaliaje). Este un **o.** de calitate superioară (**o.** carbon de calitate sau **o.** aliat).

ozonizor, aparat de producere a ozonului din oxigen sau aer, prin descărcări electrice, la tensiuni de 10... 15 kV.

P

p (pico) → **unități de măsură**.

p, simbol pentru → **putere instantanee**.

p, simbol pentru → **momentul electric**.

p, simbol pentru conducție lacunară (cu goluri) în semiconductoare.

p, simbol pentru protecție antiexplozivă presurizată.

p, operator de derivare, folosit în calculul simbolic al circuitelor, introdus de → *O. Heaviside*, în 1889 („Electromagnetic Theory"), căruia, în 1917, J. Carson îi dă justificare matematică, folosind → *transformata Laplace* : $p = j\omega$, $j = \sqrt{-1}$, ω—pulsația.

p, simbol pentru numărul perechilor de poli ai unei mașini electrice.

P (peta) → **unități de măsură**.

P, simbol pentru puterea activă.

P, simbol pentru → **polarizația electrică**.

Pacinotti, Antonio (1841—1912), fizician italian. Profesor universitar la Bologna, Cagliari și Pisa. Studii privind producerea curentului electric prin inducție electromagnetică; a construit primul indus de mașină de curent continuu, sub formă de inel (1864). A demonstrat reversibilitatea mașinilor electrice, folosind mașina construită de el atît ca generator, cît și ca motor.

pachet de tole → **circuit magnetic**.

pană de contact, piesă de cupru introdusă între barele înfășurării unei mașini electrice ce urmează să fie îmbinate cu ajutorul unui manșon, prin cositorire. Prin baterea forțată a **p.de c.** se ameliorează contactul electric și se reduce consumul de cositor.

pană de crestătură, piesă introdusă în lungul crestăturilor deschise, semideschise sau semiînchise ale mașinilor electrice, cu scopul de a imobiliza înfășurarea și de a o asigura contra acțiunilor de smulgere exercitate de forțele centrifuge asupra conductoarelor rotorice. **P.de c.** se confecționează din lemn (de carpen fiert în ulei de in sau de fag), stratitex, sticlostratitex, fibră, oțel sau bronz (la mașinile sincrone mari).

papuc, piesă de cupru sau aluminiu de care se fixează, prin cositorire sau strîngere, capătul unui conductor, pentru a face legătura cu șurub la o bornă de contact. De regulă, **p.** se folosesc la conductoare multifilare și se confecționează prin ștanțare sau turnare (fig. 191). Dimensiunile **p.** (diametrul găurii pentru șurub, secțiunea conductorului) sînt normalizate.

paralel, conectare a două sau mai multe elemente de circuit (rezistoare, condensatoare, pile, generatoare, transformatoare, diode etc.) caracterizată prin legarea între ele a bornelor (de același semn) a elementelor, deci avînd aceeași tensiune la bornele fiecărui element de circuit (→ *funcționare în paralel*).

paramagnetism, proprietate a corpurilor de a se magnetiza temporar în direcția intensității cîmpului magnetic (→ *magnetism*).

parametru → **mărime**.

parametrii mașinilor electrice, rezistențe și inductivități ale circuitelor unei mașini electrice. Determină desfășurarea proceselor în mașină precum și comportarea acesteia într-un sistem (energetic sau de acționare electrică).

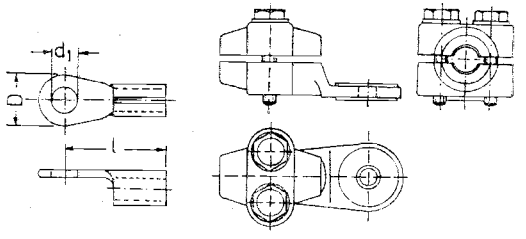


Fig. 191

Noțiunea a fost introdusă, în 1867, de J. C. Maxwell, în legătură cu două bobine cuplate magnetic. **P.** se determină prin calcul sau pe cale experimentală, fiind influențați de starea de saturație a mașinii și de efectul pelicular.

paratrăsnet, dispozitiv metalic legat la pământ, amplasat pe clădiri sau pe construcții înalte, cu scopul de a le proteja de descărcările electrice atmosferice directe (trăsnete). **P.** se montează pe clădirile cu pericol de incendiu (categoriile A și B, iar în zonele cu peste 30 furtuni pe an, și categoria C), pe clădiri cu peste 12 nivele sau construcții înalte (coșuri de fum, turnuri, silozuri, castele de apă, stîlpi de susținere a instalațiilor exterioare din stații de transformare etc.) și pe clădirile care adăpostesc echipamente sau opere culturale de mare valoare sau unde există aglomerări de persoane (de ex., centrale telefonice, laboratoare, centre de calcul, biblioteci, muzee, teatre, spitale, restaurante, magazine etc.). **P.** protejează și instalațiile electrice de înaltă tensiune (linii și stații) contra loviturilor directe de trăsnet. O instalație de **p.** cuprinde următoarele elemente: *Dispozitivele de captare*, pentru clădirile de tip turn, sub formă de tijă sau catarg de oțel zincat de 20 mm diametru, iar pentru clădiri de suprafață mare, sub formă de rețele de captare confecționate din platbandă de oțel zincat de 20 × 2,5 mm. *Conductoarele de coborîre*, din oțel zincat de 20 × 2,5 mm sau Ø 8 mm, amplasate din 20 în 20 m, minimum 2 (la categoriile A și B, din 10 în 10 m, minimum 4). Pentru turnuri și coșuri, o singură coborîre, de 20 × 4 sau Ø 12 mm. *Dispozitivele de legare la pămînt*, cu priză de pămînt de 10 Ω. Prizele de pămînt de protecție a instalațiilor electrice pot fi folosite la instalațiile de **p.** numai dacă rezistența lor nu depășește 1 Ω. **P.** este caracterizat prin *zona de protecție* și *unghiul de protecție*, care se determină prin formule empirice sau prin metode grafice, rezultate din studiul descărcărilor pe modele. **P.** trebuie verificate periodic, măsurîndu-se și rezistența → *prizei de pămînt*.

paraziți electromagnetici, perturbații electromagnetice.

Parteni-Antoni, Cezar (1900—1956), inginer electrotehnician român. Profesor universitar la Iași, Craiova și București. Studii teoretice și experimentale privind comutația mașinii de curent continuu. A organizat laboratoarele de mașini electrice de la Institutele Politehnice din Iași, București și de la Institutul de Mașini și Aparate Electrice din Craiova. Contribuții în domeniul mașinilor electrice (mașini de curent continuu, asincrone, transformatoare), centralelor electrice, măsurărilor electrice.

pas de înfășurare, interval dintre două laturi de bobină la o înfășurare de curent continuu. Se măsoară, de regulă, prin numărul crestăturilor sau lamelelor de colector dintre laturi. *Pasul rezultant* (y) reprezintă distanța dintre laturile de dus la două bobine (secții) succesive; *pasul secției* (deschiderea, y_1) este distanța dintre latura de dus și cea de întors a unei secții; *pasul de legătură* (y_2) este distanța dintre latura de dus a unei secții și latura de întors a secției următoare (fig. 192). Latura de dus este latura de început (inițială), iar cea de întors, este latura de sfîrșit (finală) a secției → *înfășurării*.

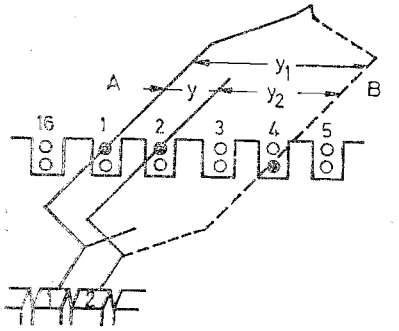


Fig. 192

pas polar, intervalul acoperit de un pol în întrefierul unei mașini electrice, egal cu $\tau = \pi D/(2p)$, unde D este diametrul interior al statorului, iar p — numărul de perechi de poli.

patron, piesă cilindrică din material ceramic, care conține firul fuzibil al unei → *siguranțe electrice*. Sin. *bușon*.

pătrundere a cîmpului electromagnetic → **adîncime de pătrundere.**

pătură de curent, mărime de calcul care determină solicitările electrice ale unei mașini electrice, egală cu raportul dintre solenația indusului și circumferința sa, $A = Ni_a/(\pi D_a)$, N — numărul de conductoare, i_a — curentul dintr-un conductor, D_a — diametrul indusului. **P.de e.** are valori uzuale de 100...700 A/cm (valorile mai mici la mașini mai mici). Sin. *pînză de curent*.

Peltier, Jean Charles Athanase (1785—1845), fizician francez. În 1834 a descoperit efectul ce-i poartă numele (efectul termoelectric invers) de producere sau de absorbție a unei cantități de căldură la trecerea curentului electric prin locul de contact a două metale diferite. Contactul se încălzește sau se răcește în funcție de natura metalelor și de sensul curentului. În 1840 a observat electrizarea unui jet de vapori ce ies dintr-un cazan.

pendul, dispozitiv de susținere a → *firului de contact* de → *cablul purtător* în tracțiunea electrică cu suspensie catenară, pentru asigurarea unei înălțimi cît mai uniforme a firului de contact. **P.** este confecționat din sîrmă bimetalică (oțel cu înveliș de cupru) și are la cele două extremități cleme speciale, una pentru fixarea de cablul purtător și alta pentru prinderea firului de contact, în șanțul prevăzut pentru acest scop (fig. 193).

pendularea mașinii sincrone, variație periodică a vitezei rotorului și a puterii electrice a mașinii sincrone, produsă, în anumite condiții, ca urmare a variației bruște a sarcinii. Oscilațiile vitezei și ale puterii se suprapun peste viteza de sincronism, respectiv peste valoarea medie a puterii. La o modificare rapidă a sarcinii se modifică unghiul de sarcină (→ *mașina sincronă*), dar, ca urmare a inerției, acesta nu se stabilește imediat la valoarea corespunzătoare noii sarcini, ci oscilează în jurul acestei

valori, deci rotorul va pendula în jurul noii poziții față de cîmpul magnetic învîrtitor. Pendulările sînt *libere*, dacă frecvența lor depinde

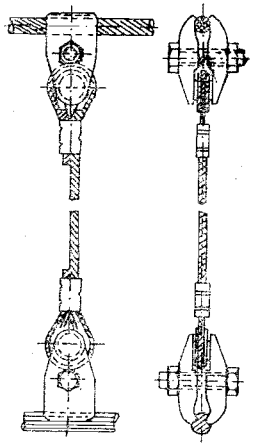


Fig. 193

numai de proprietățile mașinii sincrone. Pendulările *forțate* apar atunci cînd cuplul mecanic este variabil în timp (de ex. în cazul cuplării cu mașini cu piston, cum sînt motoarele diesel sau compresoarele) și au frecvența egală cu frecvența de oscilație a cuplului. În cazul în care cuplul oscilează cu o frecvență egală cu frecvența de oscilație proprie a sistemului, pot apărea fenomene nedorite de rezonanță, care să provoace creșterea inadmisibilă a amplitudinii pendulării și ieșirea mașinii din sincronism. Această situație se evită prin alegerea corectă a momentului de inerție al mașinii sincrone, ținîndu-se seama de particularitățile mașinii cu care aceasta urmează să fie cuplată.

perditanță (**G**), conductanța electrică a izolației unei linii de transport a energiei electrice. Se măsoară în siemens, S. *P. lineică* (specifică) reprezintă conductanța izolației pe unitatea de lungime.

perie, piesă care realizează contactul electric cu părțile aflate în mișcare ale unei mașini electrice rotative (*→ colector, → inele de contact*). **P.** trebuie să aibă rezistență mare la uzură, să nu deterioreze colectorul sau inelele, să aibă coeficient redus de frecare și să nu producă căderi mari de tensiune. *P. de cărbune* conțin cărbune amorf, grafit și praf de metal. *P. tari,* cu conținut mare de cărbune amorf, au rezistență mare la uzură, dar au frecare mare și căderi mari de tensiune. *P. moi,* cu conținut mare de grafit, se uzează mai repede, dar permit densități mari de curent și au căderi de tensiune mai mici decît p. tari. Cele mai mari densități de curent sînt admise de p. cu conținut mare de metal (praf de cupru sau bronz), care sînt foarte moi. Deoarece posibilitatea de încărcare a p. nu crește proporțional cu secțiunea, la curenți mari se preferă să se folosească mai multe **p.** în paralel, decît o singură **p.** de secțiune mai mare, din considerente de răcire și de îndepărtare a prafului produs prin uzură. Conexiunile **p.** se fac cu conductoare foarte flexibile (lițate) prevăzute la capete cu papuci, fixate de p. prin niturі tubulare, sau fără conductoare, prin simpla introducere a **p.** în suportul portperii.

perioadă (**T**), interval minim de timp după care o funcție periodică de timp recapătă aceeași valoare. **P.** este egală cu inversul frecvenței f, $T = 1/f$.

permeabilitate magnetică, mărime care caracterizează proprietățile magnetice ale corpurilor, indicînd contribuția curenților moleculari la producerea cîmpului magnetic. *P.m. absolută,* μ, a unui mediu omogen și izotrop este o mărime scalară, al cărei produs prin intensitatea cîmpului magnetic este egal cu inducția magnetică, $B = \mu H$. **P.m.** a corpurilor feromagnetice nu este constantă, ci depinde de intensitatea cîmpului magnetic. *P.m. absolută a vidului,* μ_0, este o *→ constantă* universală

P.m. relativă, μ_r, a unui material omogen și izotrop, este raportul dintre **p.m.** absolută a acelei substanțe μ și **p.m.** absolută a vidului, $\mu_r = \mu/\mu_0$. Într-un mediu neomogen și anizotrop **p.m.** nu este un scalar, ci un tensor de ordinul II. Scăzînd o unitate din **p.m.** relativă se obține *→ susceptivitatea magnetică,* $\chi_m = \mu_r - 1$.

permeametru, instrument de măsurare a permeabilității magnetice. Se folosește rar, fiind înlocuit cu aparate cu tub catodic, pe care se afișează direct curba de histerezis.

permeanță (**A**), mărime magnetică scalară egală cu raportul dintre fluxul magnetic produs într-un tub de linii de cîmp magnetic și tensiunea magnetică din lungul acestui tub. Valoarea reciprocă a **p.** este *→ reluctanța magnetică.* Unitatea de măsură a p. este henry, H.

perminvar → materiale magnetice.

permitivitate (constantă dielectrică), mărime care caracterizează proprietățile electrice ale corpurilor. *P. absolută,* ε_0, a unui material omogen și izotrop este o mărime scalară, al cărei produs prin intensitatea cîmpului electric este egal cu inducția electrică, $D = \varepsilon E$. Pentru medii neomogene și anizotrope, **p.** este un tensor de ordinul II. *P. absolută a vidului,* ε_0, este o *→ constantă* universală. Între **p.** absolută a vidului și *→ permeabilitatea magnetică* absolută a vidului există relația $\varepsilon_0\mu_0 = 1/c_0^2$, c_0 — viteza de propagare a luminii (undelor electromagnetice) în vid. *P. relativă,* ε_r, este raportul dintre **p.** absolută a unei substanțe și **p.** absolută a vidului, $\varepsilon_r = \varepsilon/\varepsilon_0$. **P.** relativă arată de cîte ori este mai mare capacitatea unui condensator avînd ca dielectric substanța respectivă față de capacitatea sa fără acel dielectric (în vid), proprietate, care stă la baza măsurării **p.** relative. Valorile **p.** relative ale unor substanțe: chihlimbar, 3; gheață, 3; sticlă, 5...15; porțelan, 5...8; mică, 4...8; aer ≈ 1; ulei de transformator, 2,2...2,5; apă ≈ 81. **P.** depinde de temperatură, frecvență și intensitatea cîmpului electric.

pernă electrică, aparat electric de uz casnic, în care o pernă (saltea) este încălzită cu ajutorul unor elemente încălzitoare electrice flexibile. Încălzitorul constă dintr-un material izolant (de regulă azbest) pe care este înfășurată o spirală rezistoare subțire și este amplasat în zig-zag pe un suport textil. Temperatura poate fi modificată cu ajutorul unui comutator, care conectează rezistoarele în diferite moduri și este menținută la valoarea prescrisă (maximum 70°C) de către termostate bimetalice. Puterea maximă este de 50...70 W.

pernă magnetică, sistem de susținere sau suspendare a unui vehicul acționat cu motor liniar, prin intermediul unor forțe electromagnetice sau electrodinamice care se exercită între o parte activă, alimentată cu energie electrică și o parte pasivă (feromagnetică sau neferomagnetică). Partea activă poate fi pe vehicul sau amplasată de-a lungul căii. **P.m.** sînt prevăzute cu regulatoare automate, care asigură un echilibru stabil (*levitație* și ghidaj lateral) al vehiculului, fără contact mecanic cu calea, decît, eventual, prin sistemul de alimentare cu energie electrică. Levitația se obține fie prin *atracția electromagnetică* dintre un electromagnet alimentat în curent continuu (printr-un variator de tensiune cu tiristoare), sau în curent alternativ și calea feromagnetică masivă, fie prin *repulsia electrodinamică* dintre bobine supraconductoare plane montate pe vehicul și o placă (șcară) conductoare așezată de-a lungul căii. **P.m.** asigură deplasarea (zborul) vehiculelor de mare viteză cu motoare liniare (de ex., JNR-03, Japonia, 405 km/h) la distanțe de ordinul centimetrilor față de cale, controlate automat. Sin. *sustentație magnetică.*

pertinax → **răşini sintetice.**

perturbaţii electromagnetice, perturbaţii ale instalaţiilor informaţionale (telecomunicaţii, telemecanică, comandă şi reglare automată) produse prin inducţie electromagnetică de către instalaţiile învecinate. Protecţia contra **p.e.** se realizează prin ecranarea (cablarea) sau torsadarea (răsucirea) conductoarelor influenţate, sau prin filtrarea armonicilor superioare din instalaţiile care provoacă **p.e.** Sin. *paraziţi electromagnetici.*

pierdere de energie, diferenţa dintre energia consumată de un sistem (maşină, aparat, instalaţie, utilaj) şi energia utilă, restituită de acel sistem. **P.de e.** se produc în procesul de conversie (de ex., la transformarea energiei electrice în energie mecanică), cînd o parte din energie se transformă ireversibil în căldură, prin intermediul → *pierderilor electrice*, sau prin faptul că nu întreaga energie transformată este restituită pentru utilizare (de ex., → *pierderile mecanice* la un motor electric sau → *pierderile termice* la un cuptor electric). **P.de e.** se calculează înmulţind pierderile de putere (electrice, mecanice, termice) cu timpul de utilizare.

pierdere de tensiune, diferenţa dintre valoarea efectivă a tensiunii la intrarea unei linii, transformator etc. şi valoarea efectivă a tensiunii la ieşire (în cazul transformatoarelor tensiunea secundară se raportează la primar). La un transformator, **p.de t.** se poate defini şi ca diferenţa dintre tensiunea în gol la bornele secundare şi tensiunea la borne în sarcină. Dacă R şi X sînt rezistenţa şi reactanţa unei faze (la transformator, parametrii echivalenţi, de scurtcircuit), I — curentul, U — tensiunea de linie, P şi Q — puterea activă şi reactivă transmisă, φ — unghiul de defazaj dintre tensiunea de fază şi curent, **p.de t.** în cazul încărcării simetrice pe cele 3 faze ale unei reţele se poate calcula cu relaţia aproximativă $\Delta U = \sqrt{3}I(R\cos\varphi + X\sin\varphi) = (PR + QX)/U$, volţi. Reactanţa inductivă X se poate neglija faţă de rezistenţa conductei R în cazul liniilor în cablu sau a conductelor în tuburi de protecţie. În instalaţiile de joasă tensiune **p.de t.** se limitează la 3% pentru iluminat şi 5% pentru forţă, la alimentarea din reţeaua publică, respectiv 8% şi 10%, dacă alimentarea se face din posturi de transformare proprii (**p.de t.** se consideră de la barele de joasă tensiune ale postului). La pornirea motoarelor asincrone se admit **p.de t.** de 12%. În instalaţiile de tracţiune electrică cu fir de contact, **p.de t.** maxime admise sînt de 30%.

pierderi de căldură, *pierderi termice.*

pierderi electrice, o parte din puterea electrică care în procesul de transport sau de conversie a energiei electrice se transformă ireversibil în căldură. Puterea disipată sub formă de căldură în cuptoarele electrice şi instalaţiile electrotermice (putere utilă) nu constituie **p.e.** După procesele fizice care stau la baza transformării energiei electrice (de pierderi) în căldură se deosebesc: 1) **P.e.** prin efect termic al curentului electric (efect electrocaloric, efect Joule), care se mai numesc şi *p.e. în cupru*: $p_{Cu} = RI^2$, W (R — rezistenţa, I — curentul). La calculul rezistenţei trebuie să se ţină seama de variaţia sa cu temperatura şi de creşterea valorii sale în curent alternativ, datorită efectului pelicular, în special la frecvenţe ridicate sau la conductoare masive, cu diametru mai mare de 10 mm la cupru şi 12 mm la aluminiu, la 50 Hz (→ *adîncime de pătrundere*). Pierderile în cupru duc la încălzirea conductelor electrice şi a înfăşurărilor maşinilor, transformatoarelor şi aparatelor electrice. 2) *P.e. în dielectric* (→ *încălzirea prin pierderi dielectrice*) care duc la încălzirea izolaţiei cablurilor şi a dielectricului condensatoarelor, în special a celor de frecvenţă ridicată, care trebuie prevăzute cu instalaţii adecvate de răcire. 3) *P.e. prin histerezis* apar la magnetizarea periodică (în cîmp magnetic alternativ, de ex., la transformatoare, sau prin rotire în cîmp magnetic constant, de ex., la indusurile maşinilor electrice) şi corespund lucrului necesar orientării domeniilor Weiss din corpurile feromagnetice în direcţia cîmpului magnetic exterior (→ *feromagnetism*). **P.e.** prin histerezis au ca măsură suprafaţa ciclului de histerezis şi depind de frecvenţă şi de pătratul inducţiei magnetice, $p_h = \sigma_h f B^2$ (σ_h — coeficient ce depinde de material şi de grosimea tolelor, f — frecvenţa, B — inducţia magnetică maximă). În circuitele magnetice se produc şi *p.e. prin curenţi turbionari*, care, de fapt, sînt **p.e.** prin efectul termic al curenţilor turbionari de inducţie din părţile masive ale conductoarelor şi depind de patratul inducţiei maxime şi al frecvenţei, $p_w = \sigma_w f^2 B^2$ (σ_w — constantă ce depinde de material şi de grosimea tolei). **P.e.** prin histerezis şi **p.e.** prin curenţi turbionari alcătuiesc împreună *p.e. în fier* şi sînt cauza încălzirii circuitelor magnetice ale maşinilor şi aparatelor electrice. Pentru diminuarea lor, circuitele magnetice cu magnetizare periodică se confecţionează din tole de oţel aliat cu siliciu (→ *materiale magnetice*). În practică, **p.e.** în fier se calculează cu ajutorul *cifrei de pierderi* p_{10} (p_{15}) care reprezintă pierderile pe unitatea de masă a tolelor, la inducţia maximă $B_{10} = 1$ T ($B_{15} = 1{,}5$ T) şi la frecvenţa de 50 Hz. La altă inducţie B, cifra de pierderi se recalculează cu relaţia $p_B = p_{10}(B/B_{10})^2$. Pentru tole uzuale, laminate la cald $p_{10} = 1{,}4 \ldots 3{,}6$ W/kg, $p_{15} = 3{,}4 \ldots 8{,}6$ W/kg la tole de 0,5 mm şi $p_{10} = 0{,}9 \ldots 1{,}4$ W/kg, $p_{15} = 2{,}4 \ldots 3{,}4$ W/kg la tole de 0,35 mm grosime. *P.e. în reţele* sînt date de diferenţa dintre puterea intrată în reţea şi puterea transmisă consumatorului şi reprezintă suma **p.e.** pe elementele reţelei (linii, transformatoare, reactoare etc.). **P.e.** la transportul energiei electrice reprezintă 7...10%. *P.e. în linii* se împart în *p.e. în gol* (**p.e.** prin → *efect corona*, la linii aeriene de peste 110 kV şi *p.e. în dielectric*, la linii de cablu) şi *p.e. în sarcină*, variabile cu pătratul curentului. La calculul pierderilor de energie în reţele se foloseşte *durata pierderilor maxime* τ, adică intervalul de timp în care **p.e.** maxime ar duce la aceleaşi pierderi de energie ca şi **p.e.** reale, variabile în timp, $\tau = \int_0^{t_c} (I/I_M)^2 \mathrm{d}t$, I — curentul de sarcină variabil, I_M — curentul maxim, t_c — intervalul de timp în care se calculează pierderile de energie. Practic, durata pierderilor maxime se determină grafic, cu ajutorul duratei de utilizare a puterii maxime şi al factorului de putere mediu. **P.e.** în maşinile electrice sînt **p.e.** dependente de tensiune, *constante* la tensiune constantă (p_{Fe}) şi **p.e.** dependente de curentul de sarcină, *pierderi variabile* (p_{Cu}). Cunoaşterea **p.e.** este necesară pentru calculul randamentului maşinii şi pentru determinarea surselor de căldură, a încălzirii maşinii, pentru dimensionarea sistemelor de răcire. Pierderile măsurate la funcţionarea în gol, din care se scad **p.e.** în înfăşurări, de valoare mică, reprezintă **p.e.** în fier şi pierderile mecanice (p_{mec}). Separarea p_{Fe} şi p_{mec} se poate face reprezentînd aceste pierderi în funcţie de patratul tensiunii de mers în gol şi extrapolînd curba pînă la $U = 0$, la care $p_{Fe} = 0$. **P.e.** în înfăşurări, în sarcină, se determină măsurînd curentul şi rezistenţele înfăşurării în stare caldă. *P.e. de trecere la perii* se obţin înmulţind curentul ce trece prin perii cu căderea de tensiune la perii, care în primă aproximaţie, este independentă de curent; $\Delta U_p = 1$ V, la perii de cărbune şi grafit, şi $\Delta U_p = 0{,}3$ V, la perii cu conţinut de pulberi metalice. *P.e. suplimentare* sînt mai greu de localizat şi se datoresc armonicilor superioare, pulsaţiei cu frecvenţă

ridicată a inducției magnetice în zona întrefierului datorită dinților etc. P.e. suplimentare se pot calcula cu relația $p_s = k_s P_n (I/I_n)^2$, $k_s = 0{,}01$ la mașini de curent continuu necompensate, $k_s = 0{,}005$ la mașini de curent continuu compensate și la mașini de curent alternativ cu colector (P_n, I_n — puterea nominală și curentul nominal). P.e. în semiconductoare (diode, tiristoare) se datoresc solicitărilor electrice. La un tiristor, de ex., se deosebesc p.e. în conducție, p.e. în stare blocată, p.e. de comandă, p.e de comutație (neglijabile la 50 Hz).

pierderi în cupru → **pierderi electrice.**

pierderi în fier → **pierderi electrice.**

pierderi mecanice, pierderi de putere în mașini electrice rotative, cauzate de frecarea în lagăre (de rostogolire sau de alunecare), frecarea la perii, frecarea cu aerul și antrenarea ventilatoarelor de răcire (p.m. prin ventilație). P.m. prin frecarea în lagăre și p.m. prin ventilație, luate global, depind de pătratul turației, și se calculează cu formule empirice. P.m. prin frecare la perii se pot calcula cu relația $p_{fp} = \mu_f p S_p v_c$, p — presiunea periilor pe colector sau inele (1... ...1,5 N/cm²); $\mu_f = 0{,}15...0{,}3$ — coeficientul de frecare; S_p — suprafața de contact între perii și partea mobilă a mașinii; v_c — viteza periferică a colectorului sau inelelor colectoare.

pierderi prin curenți turbionari → **pierderi electrice.**

pierderi prin histerezis → **pierderi electrice.**

pierderi termice, pierderi de energie în cuptoarele electrice cauzate de transferul continuu de căldură de la incinta de lucru a cuptorului către mediul ambiant. P.t. servesc la calculul randamentului termic al cuptoarelor (cuprins între 0,65 și 0,85). Sin. **pierderi de căldură.**

piesă de contact, piesă care realizează un contact electric. La siguranțe fuzibile unipolare cu filet, **p.de c.** este o parte componentă a **soclului**, care face contactul cu patronul fuzibil. La captatoare de curent (pantografe, trolee etc.), **p.de c.** asigură un contact alunecător sau de rostogolire cu firul sau șina de contact.

piesă polară, partea dinspre întrefier a unui pol aparent, distinctă sau nu de pol, cu rol de a distribui fluxul magnetic în întrefier. Poate fi masivă sau lamelată, fixată prin șuruburi, nituri, îmbinare coadă de rîndunică etc. (→ *circuit magnetic*).

piezoelectricitate → **efect piezoelectric.**

piezorezistivitate, efect de modificare a rezistivității unor materiale atunci cînd sînt deformate elastic.

pilă galvanică, element galvanic.

pilă de combustie, convertor electrochimic.

pilă solară, convertor fotoelectric.

pipă, piesă tubulară, sub formă de cot la 90°, folosită pentru protejarea conductelor electrice de apa de ploaie, la intrarea prin pereții exteriori ai unei clădiri.

piroelectricitate, fenomen de apariție a sarcinilor electrice pe fețele unor cristale încălzite (de ex., la turmalină).

pirometru (electric), instrument de măsură pentru temperaturi înalte. Se folosesc: **p.** termoelectrice, **p.** de radiație totală, p. cu filament, **p.** fotoelectrice. *P. termoelectric* constă dintr-un termocuplu și un milivoltmetru sau potențiometru de măsură. Termocuplul utilizat poate fi de platin rodiu-platină (max. 1600°C pentru scurtă durată), cromel-alumel (max. 1300°C) sau cărbune pur-borură de zirconiu (max. 1700°C). *P.de radiație*, folosite la temperaturi de 600°C... ...4000°C, au avantajul că nu necesită contact direct între elementul sensibil al instrumentului și corpul al cărui temperatură se măsoară.

Radiațiile emise de corpul încălzit se focalizează, cu ajutorul unei lentile, pe o baterie de termocupluri miniaturale de cromel-copel, ale căror capete de lucru sînt lipite pe un disc de platină înnegrit, care asigură absorbția a 98...99% din radiațiile care cad pe el. Măsurarea, înregistrarea sau reglarea automată a temperaturii se face cu milivoltmetre sau potențiometre. *P. optic cu filament* se bazează pe compararea strălucirii corpului a cărui temperatură se măsoară cu strălucirea variabilă a unui filament incandescent al instrumentului. Domeniul de măsură este de 800...4500°C. Precizia este mai bună decît a p. de radiație, dar prezența observatorului care trebuie să modifice curentul de încălzire a filamentului, pînă la dispariția imaginii sale pe fondul imaginii corpului incandescent, face imposibilă reglarea automată sau înregistrarea temperaturii. *P. fotoelectrice* se folosesc la măsurarea temperaturilor cu variații foarte rapide, între limitele 600°C și 2000°C.

pînză de curent, pătură de curent.

Planck, Max Karl Ernst Ludwig (1858 —1947), fizician german. Profesor universitar la München, Kiel și la Berlin (i-a urmat la catedră lui G. R. Kirchhoff). A pus bazele mecanicii cuantice, cu aplicații importante în teoria conducției electrice în semiconductoare și a radiației descărcărilor electrice în gaze. Cercetările sale în domeniul radiației corpului negru (*legea lui* **P.**) au dus la teoria discontinuității energiei. În 1900, a introdus noțiunea de *cuantă* (porție) de energie, pentru a explica distribuția energiei radiante în funcție de lungimea de undă. Studii de termodinamică, fizică statistică, teoria relativității, electrodinamică. Distins cu Premiul Nobel pentru fizică, în 1918.

platformă de încercare, spațiu amenajat cu postamente pentru mașini, tablouri de distribuție, pupitre cu instrumente de măsură și aparataj de comandă, control, semnalizare, pornire, reglare, protecție, folosit la încercarea mașinilor electrice, cu scopul verificării caracteristicilor de funcționare și a calității lor (→ *încercare*). **P.de î.** trebuie să aibă surse de tensiune și frecvență reglabilă, cu posibilitatea menținerii constante a valorilor impuse, tensiunea alternativă să fie sinusoidală, vibrațiile postamentelor suport și zgomotul de fond să fie minime. Sursele de energie de tensiune reglabilă sînt generatoare sincrone acționate de motoare de curent continuu cu excitație separată și generatoare de curent continuu cu excitație mixtă (separată) acționate de motoare asincrone. Mașinile de încărcare pentru motoare sînt generatoare de curent continuu speciale (generatoare-frînă), cu excitație separată, cu statorul mobil (basculant) și dispozitive de indicare a cuplului (balanțe), prevăzute cu generatoare tahometrice pentru măsurarea turației. Generatoarele de construcție obișnuită pot fi folosite ca receptoare de energie pentru motoare, dacă sînt cuplate cu motoarele de încercat prin intermediul unor *cuple torsiometrice* cu timbre tensometrice, care permit măsurarea cuplului cu ajutorul unor *tensometre* electronice. Generatoarele de încărcare debitează pe reostate reglabile sau pe invertoare cu tiristoare, care recuperează energia retrimițînd-o în rețea. Sin. *stand de probă*.

platou electromagnetic, dispozitiv electromagnetic de prindere a pieselor pentru prelucrarea pe mașini-unelte (mașini de rectificat etc.) sau la bancul de lucru. **P.e.** este format dintr-un corp metalic paralelipipedic, în interiorul căruia sînt montați electromagneți, ai căror poli formează fața de prindere a dispozitivului. Piesele se desprind la întreruperea curentului prin electromagneți.

plită electrică, aparat electric de uz casnic folosit la prepararea sau încălzirea mîncării. Rezistorul de încălzire,

format dintr-o spirală de crom-nichel, poate fi *vizibil*, amplasat în canalele unor plăci ceramice, sau poate fi *ascuns*, sub o placă de fontă, pentru a fi protejat de udare sau lovire. **P.e.** moderne au rezistorul introdus într-un tub de oțel inoxidabil de protecție, presat într-o masă de magnezit. Modificarea puterii **p.e.** se face cu ajutorul unui comutator, care leagă rezistoarele în diferite moduri.

plonjor electric, aparat electric de uz casnic folosit la încălzirea prin imersiune, într-un timp scurt (maximum 1 min) a apei sau a altor lichide. Este format dintr-un tub de oțel inoxidabil, în axa căruia se află presat într-o masă de oxid de magneziu, o spirală rezistoare de crom-nichel. Puterea **p.e.** uzuale este de 100...600 W, iar temperatura suprafeței exterioare, de 300...400°C. Conectarea la rețea trebuie făcută numai cu p. introdus în lichid, în caz contrar, cantitatea mare de căldură degajată și răcirea insuficientă în aer provoacă arderea rezistorului. **P.e.** de putere mare (încălzitoare tubulare), pînă la 40 kW, se folosesc în industrie pentru încălzirea lichidelor (de ex., în băile de galvanizare).

plot, piesă de contact de formă cilindrică sau prismatică, fixată într-un suport izolant și legată la un circuit electric. Se folosește la reostate cu p., la comutatoarele de prize ale transformatoarelor etc.

plumb, element chimic metalic, utilizat în electrotehnică. De culoare cenușiu-albăstruie, moale (se poate tăia cu cuțitul), este rezistent la acțiunea agenților atmosferici, a apei potabile (cu carbonați de calciu și magneziu) și a acidului sulfuric, formînd la suprafață un strat de oxid protector. Numărul atomic 82; masa atomică 207,2; punct de topire 327,4°C; punct de fierbere 1750°C; masa specifică 11,344 g/cm³; rezistența la rupere 18,8 daN/cm²; rezistivitatea la 20°C, $20{,}8 \cdot 10^{-6}\Omega$cm. Se utilizează la confecționarea mantalelor de cablu (de grosime 0,9...2,3 mm), cutiilor terminale pentru cabluri cu manta de **p.**, la plumbuirea tuburilor de protecție pentru conductoare electrice, la fabricarea acumulatoarelor cu **p.** și ca element de aliere.

poartă, electrod de comandă la tiristoare.

Poggendorff, Johann Christian (1796—1877), fizician german. Profesor universitar la Berlin. Contribuții în electricitate și magnetism. A inventat galvanometrul (1821), căruia, în 1826, i-a atașat un dispozitiv cu oglindă rotitoare pentru măsurarea unghiurilor de rotație foarte mici. A inventat reostatul (1841), o pilă galvanică cu bicromat și a folosit pentru prima dată (1851) excitația în cascadă, cu mai multe mașini, pentru generatoare de curent continuu. O metodă de măsurare a tensiunilor prin opoziție poartă numele lui **P.** Din 1824, a coordonat redactarea Analelor de fizică și chimie.

pol, parte a unui → *circuit magnetic* feromagnetic, pe unde fluxul magnetic util trece din material în aer *(p. nord)* sau din aer în material *(p. sud)*. **P.** mașinilor electrice pot fi dispuși pe stator (ca la mașina de curent continuu) sau pe rotor (ca la mașina sincronă); pot fi aparenți (ieșiți) sau înecați (plini); pot fi masivi, lamelați (confecționați din tole de 1...2 mm grosime) sau combinați (cu miezul masiv și piesa polară sub forma unor pachete de tole). *P. principali* produc fluxul inductor al mașinilor electrice; *p. auxiliari* (de comutație), produc fluxul necesar îmbunătățirii comutației la mașina de curent continuu sau la motoarele de curent alternativ cu colector. **P.** se fixează cu șuruburi, prin îmbinare în coadă de rîndunică, cu gheare în găuri rotunde sau prin proeminențe dințate.

polaritate, starea (semnul) unui sistem de poli magnetici (nord sau sud), al unui sistem de sarcini electrice cu sarcini de semne diferite (pozitive și negative) sau a bornelor unei surse de curent continuu (plus și minus).

polarizare dielectrică, fenomen prin care un mediu izolant (dielectric) capătă un → *moment electric*. *P.d. de deformare* se produce prin deformarea traiectoriei electronilor într-un cîmp electric (de ex., alungirea orbitei electronului atomului de hidrogen). *P.d. de orientare* se produce prin ordonarea dipolilor formați de moleculele cu moment electric spontan (molecule polare). De ex., la molecula de acid clorhidric, există o sarcină pozitivă de partea atomului de hidrogen și, la o oarecare distanță, o sarcină negativă de partea atomului de clor. La introducerea într-un cîmp electric dipolii moleculari se orientează, tinzînd să se așeze cu axele în direcția liniilor de cîmp. *P.d. temporară* depinde de intensitatea cîmpului electric în care este introdus corpul. *P.d. permanentă* depinde de cauze neelectrice: **p.** *piezoelectrică* se produce prin deformare mecanică; **p.** *piroelectrică* se produce prin încălzire; **p.** *electreților* apare la unele rășini sau ceruri după ce au fost supuse unor tratamente termice în cîmp electric intens; **p.** *feroelectrică* este caracteristică materialelor cu histerezis electric.

polarizație electrică ($\bar{P}$), mărime vectorială de cîmp care descrie substanțele polarizate electric, fiind egală cu densitatea momentelor electrice. **P.e.** este limita raportului dintre momentul electric total, $\Delta\bar{p}$, dintr-un volum foarte mic, Δv, și acest volum, $\bar{P} = \lim_{\Delta V \to 0} \frac{\Delta\bar{p}}{\Delta v} = \varepsilon_0 \chi_e \bar{E}$ (→ *legea p.e. temporare*), ε_0 — permitivitatea vidului, χ_e — susceptivitatea electrică, E — intensitatea cîmpului electric. **P.e.** se măsoară în C/m².

polarizație magnetică ($\bar{M}$), mărime vectorială de cîmp care descrie substanțele magnetizate, egală cu produsul dintre permeabilitatea vidului și magnetizație, $M = \mu_0 M'$ (→ *legea polarizației magnetice temporare*, → *legea legăturii dintre B, H și M*). Unitatea de măsură a **p.m.** este tesla, T.

policlorură de vinil, material termoplastic, polimer al clorurii de vinil (produs din acid clorhidric și acetilenă). De culoare albă, galbenă sau brună, arde greu și este puțin stabil la temperatură (sub — 40°C și peste 75°C) și la lumină. Datorită proprietăților sale electroizolante și rezistenței la acțiunea acizilor și alcaliilor, se folosește pe scară largă la izolația conductelor și cablurilor electrice (simbol Y), la confecționarea învelișurilor de cabluri, a carcaselor de bobine, bacurilor de acumulatoare, pieselor de instalații electrice etc.

polietenă, material termoplastic, polimer al etenei, rezistent, în intervalul — 20°C...+ 60°C, la acțiunea tuturor agenților chimici, impermeabil la apă, gaze sau vapori. Permitivitatea relativă ($\varepsilon_r = 2{,}2...2{,}36$) și unghiul de pierderi dielectrice ($\operatorname{tg}\delta < 5 \cdot 10^{-4}$) sînt puțin dependente de frecvență; rezistivitatea $\rho = 10^{17}\Omega$ cm; rigiditatea dielectrică $E_d = 400...600$kV/cm. Se utilizează la izolarea bobinelor mașinilor electrice submersibile și a cablurilor care sînt pozate în apă, la confecționarea benzii adezive izolante, a învelișurilor de cabluri, la izolații de înaltă frecvență (în televiziune, radiolocație etc.).

polifazat, polifazic, cu mai multe faze. Corect: → *sistem polifazat* (nu polifazic); mașină *polifazată* (în particular *trifazată)* și nu polifazică; curenți *polifazici (trifazici)* și nu polifazați (trifazați).

poligon al tensiunilor electromotoare, diagramă fazorială obținută prin însumarea tensiunilor induse în laturile bobinelor unei înfășurări închise de mașină electrică (înfășurare a indusului).

polistiren, material termoplastic, polimer al stirenului, obținut din etenă și benzen. Incolor și transparent, arde ușor, se dizolvă în benzen (deci se poate lipi cu benzen), dar rezistă la alți agenți chimici. Nu este higroscopic, dar este permeabil la gaze și este atacat de ulei. Proprietăți dielectrice foarte bune: permitivitatea relativă $\varepsilon_r = 2{,}5$; tangenta unghiului de pierderi tg $\delta = 10^{-4}...5\cdot10^{-4}$; rigiditatea dielectrică $E_d = 500$ kV/cm; rezistivitatea $\rho = 10^{16}...10^{17}\Omega$ cm. Se folosește, ca masă compactă sau sub formă de folii (stiroflex), ca dielectric pentru condensatoare, izolație de cabluri, carcase de bobine. Sub formă de spumă (p. expandat) se folosește ca izolație termică.

politetrafluoretenă, material termoplastic, polimer al tetrafluoretenei. Are cea mai mare stabilitate termică dintre toate materialele termoplastice (de la temperaturi foarte joase pînă la 300°C). Nu este higroscopic, nu arde și are mare stabilitate la acțiunea agenților chimici și solvenților. Are proprietăți dielectrice foarte bune: permitivitatea relativă $\varepsilon_r = 2$; tangenta unghiului de pierderi dielectrice tg $\delta = 5\cdot10^{-4}$ (ε și tg δ nu depind de frecvență sau de temperatură); rezistivitatea $\rho = 10^{18}\Omega$ cm; rigiditatea dielectrică $E_d = 200...400$ kV/cm. Este posibilă obținerea de folii sau de produse spongioase, ca și amestecul cu materiale de umplutură ca azbest, pulberi ceramice, mică, sticlă, cuarț, care însă îi înrăutățesc proprietățile dielectrice. Se folosește sub formă de piese fasonate (izolatoare, tuburi izolante), sub formă de folii (izolația crestăturilor și a capetelor de bobină la mașini electrice) sau sub formă spongioasă la izolația conductelor și cablurilor electrice. Sin. *teflon*.

pompă electromagnetică, pompă magnetohidrodinamică.

pompă magnetohidrodinamică, pompă pentru lichide cu conductivitate electrică ridicată (mercur, metale topite), în care acestea sînt vehiculate datorită forțelor electromagnetice exercitate asupra fluidului parcurs de curent electric, într-un cîmp magnetic exterior. **P.m.** constă dintr-o conductă (în cazul temperaturilor ridicate de forma unui canal refractar) prevăzută cu doi electrozi laterali, prin intermediul cărora se trece prin fluid curentul de densitate J. Cîmpul magnetic de inducție B este produs de polii unui electromagnet (fig. 194, 195). Forța specifică $\bar{f}$ care se exercită asupra unității de volum a fluidului este $\bar{f} = \bar{J} \times \bar{B}$, N/m³ ($J$ în A/m², B în T). **P.m.** pot fi de curent continuu sau de curent alternativ și reprezintă un caz particular al → *motorului liniar*. **P.m.** este o mașină magnetohidrodinamică în regim de motor (→ *convertor MHD*). **P.m.** se utilizează în centrale nucleare (pentru vehicularea agenților schimbătoarelor de căldură), în metalurgie (la turnarea continuă a metalelor), în industria chimică etc. (Sin. *pompă electromagnetică*).

pornire (la o acționare electrică), proces tranzitoriu de trecere din starea de repaus la funcționarea cu viteză staționară (constantă). Durata p. unei mașini (*timpul de p.*) influențează direct productivitatea și depinde de cuplul dezvoltat de motor în perioada pornirii M_p, de cuplul rezistent la arbore M_r și de momentul de inerție echivalent raportat la arborele motorului J_e: $t_p = \int_0^{\Omega_s} J_e \, d\Omega / (M_p - M_r)$.

Pentru reducerea solicitării termice a motoarelor în timpul p., în special, la mașinile de putere mare sau cu condiții grele de p., se aplică metode de limitare a curentului de p., care, în general, conduc în același timp, la reducerea cuplului de p. 1) *P.cu tensiune redusă* se aplică la motoarele alimentate de mutatoare (redresoare comandate sau variatoare statice de tensiune), la *p.cu autotransformator*

sau prin conectare *stea-triunghi* a motoarelor asincrone, la conectarea motoarelor de curent continuu în serie și în paralel (în cazul acționării cu mai multe motoare, de ex., la locomotive electrice de curent continuu), sau prin utilizarea comutatoarelor de baterie, în cazul alimentării de la baterii de acumulatoare. 2) *P.cu rezistoare*, prin conectare de rezistențe în circuitul rotoric al motoarelor de curent continuu sau al motoarelor asincrone cu rotor bobinat (în acest din urmă caz, mărirea rezistenței rotorice determină o creștere a cuplului de pornire). 3) *P.cu bobine de reactanță* în circuitul statoric al motoarelor asincrone sau sincrone cu pornire în asincron. 4) *P.cu frecvență progresiv crescătoare*, la motoarele asincrone și sincrone comandate prin intermediul frecvenței tensiunii de alimentare.

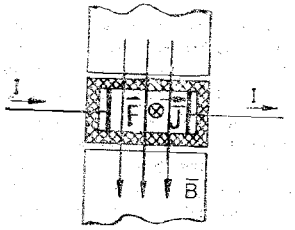


Fig. 194

portperie, dispozitiv care servește la susținerea periei unei mașini electrice, la apăsarea sa, cu o anumită presiune, pe colector sau pe inelele colectoare și la aducerea legăturii electrice la părțile fixe ale mașinii. *P.cu pîrghie* se folosește, în special, la inelele motoarelor asincrone prevăzute cu dispozitiv de ridicare a periilor și de scurtcircuitare a inelelor după pornire. *P.cu casetă* se folosesc la mașinile electrice cu colector și permit deplasarea radială a periei. La mașinile cu două sensuri de rotație peria are poziție radială, iar la cele cu un singur sens de rotație, peria este înclinată înspre sensul de rotație deoarece în acest caz frecarea este mai mică, iar peria poate urmări mai ușor neregularitățile colectorului. *P. tubulare* se folosesc la mașini de putere mică.

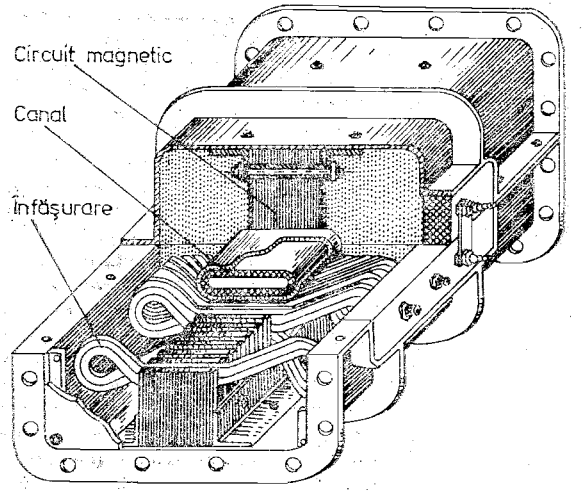


Fig. 195

post de transformare, instalație electrică de curent alternativ care servește la alimentarea receptoarelor cu tensiunea de utilizare (220, 380, 500, 660 V), obținută de la transformatoare cu tensiunea primară de maximum 35 kV (cel mai frecvent 6 kV) și cu puteri cuprinse, de regulă, între 100 și 1000 kW. **P.de t.** face legătura între instalația de medie tensiune și cea de joasă tensiune. **P.de t.** are ca echipament electric unul sau mai multe transformatoare coboritoare, celule de înaltă tensiune și tablouri de joasă tensiune, cu aparatajul de comutație și protecție aferent: separatoare, întreruptoare automate, siguranțe fuzibile, bare colectoare, instrumente de măsură etc. **P.de t.** se clasifică în: *staționare* și *mobile*; *subterane, suprateranе* și *aeriene*; *în clădire de zid, în cabine metalice* și *în aer liber*; *prefabricate* (capsulate) instalate în interiorul atelierelor mari, în centrul de greutate al sarcinii, *integrate* în clădirile secției, *independente*, în clădiri separate. Tendința actuală în alimentarea întreprinderilor industriale este de folosire a **p.de t.** prefabricate, care nu necesită construcție de zidărie, micșorează lungimea rețelei de joasă tensiune, se montează simplu și rapid și pot fi deplasate dintr-un loc în altul, au cost redus datorită utilizării elementelor tipizate. O construcție deosebit de simplă și compactă o are **p.de t.** prefabricat în cazul distribuției după schema → *bloc transformator-linii principale*, la care nu sînt necesare tablouri de joasă tensiune.

potențial, funcție scalară *(p. scalar)* sau vectorială *(p. vector)* de coordonatele punctului, asociată unui cîmp de vectori, din care, prin operații de derivare, se obține vectorul cîmpului considerat. *P. scalar* este o funcție scalară V atașată unui cîmp de vectori irotațional $\bar{E}$ (cîmp **p.**, rot $\bar{E} = 0$), definită prin relația $-\text{grad } V \equiv -\nabla V = \bar{E}$. **P.** scalar în punctul P este definit cu aproximația unei constante, $V_P = V_0 - \int_{P_0}^{P} \bar{E}\, \overline{dl}$, unde V_0 este **p.** în punctul P_0, iar integrala curbilinie (integrala de linie) se efectuează între P și P_0 pe un drum arbitrar. În unele aplicații constanta de integrare se alege astfel încît **p.** scalar să fie nul la infinit. Diferența de **p.** $V_A - V_B$ între două puncte este o mărime univoc determinată și nu depinde de drumul de integrare $V_A - V_B = \int_A^B \bar{E}\, \overline{dl}$. Suprafețele pe care **p.** scalar este constant se numesc *suprafețe echipotențiale (suprafețe de nivel)*. Dacă se cunoaște → *divergența* cîmpului de vectori (densitatea surselor cîmpului), $\text{div } \bar{E} = s$, **p.** scalar al acestui cîmp satisface ecuația lui Poisson: $-\text{div grad } V = -\Delta V = s$, a cărei soluție, dacă vectorul cîmp are la infinit valoarea zero, este $V_P = -\frac{1}{4\pi}\int_v \frac{s_M}{R_{MP}}\, dv$, unde dv este elementul de volum din jurul punctului M din spațiul în care s este diferit de zero, R_{MP} — distanța dintre M și P. Dacă divergența este diferită de zero numai într-o regiune din spațiu cu dimensiuni mult mai mici decît distanța la care se calculează **p.** (cazul „surselor punctiforme"), notînd cu S integrala de volum a funcției s, **p.** scalar în punctul P este $V_P = S/(4\pi R)$, R fiind distanța de la sursă la punctul considerat. În *electrotehnică* **p.** *electrostatic* și **p.** *magnetostatic* sînt **p.** scalare. *P. vector* este o funcție vectorială $\bar{A}$ atașată unui cîmp de vectori solenoidal $\bar{B}$ ($\text{div } \bar{B} = 0$) definită prin relația $\text{rot } \bar{A} = \bar{B}$. **P.** vector este definit cu aproximația gradientului unei funcții scalare (cu aproximația unui cîmp irotațional). Dacă se cunoaște → *rotorul* cîmpului solenoidal $\bar{B}$ (densitatea circulației cîmpului), $\text{rot } \bar{B} = \bar{C}$ și considerînd că $\bar{A}$ este un vector solenoidal (se ia arbitrar $\text{div } \bar{A} = 0$), **p.** vector satisface ecuația $\text{rot rot } \bar{A} \equiv \text{grad div } \bar{A} - \Delta\bar{A} \equiv -\Delta\bar{A} = \bar{C}$. Soluția acestei ecuații diferențiale, în cazul în care funcția $\bar{C}$ are la infinit valoarea zero, este $\bar{A}_P = \frac{1}{4\pi}\int_v \frac{\bar{C}_M}{R_{MP}}\, dv$.

Particularizînd pentru cazul cîmpului vectorului inducție magnetică $\bar{B}$, *p. magnetic vector* $\bar{A}$ este dat de relația $\text{rot } \bar{A} = \bar{B}$; $\text{rot } \bar{B} = \mu\bar{J}$, $\text{div } \bar{J} = 0$, unde $\bar{J}$ este densitatea de curent, μ — permeabilitatea magnetică, iar ecuația diferențială are soluția

$$\bar{A}_P = \frac{1}{4\pi}\int_v \frac{\mu\bar{J}_M}{R_{MP}}\, dv,$$

dv fiind elementul de volum în jurul punctului M, R_{MP}, distanța de la M la P, integrarea făcîndu-se în întregul spațiu în care $\bar{J}$ este diferit de zero. În cazul general al unui cîmp de vectori $\bar{H}$ avînd atît divergența cît și rotorul diferite de zero, vectorul cîmp se poate descompune într-o componentă potențială și una solenoidală, $\bar{H} = \bar{H}_p + \bar{H}_s$; $\text{div } \bar{H}_p = \text{div } \bar{H}$; $\text{rot } \bar{H}_p = 0$; $\text{div } \bar{H}_s = 0$; $\text{rot } \bar{H}_s = \text{rot } \bar{H}$. Componenta potențială se determină cu ajutorul **p.** scalar $\bar{H}_p = -\text{grad } V$, iar componenta solenoidală cu ajutorul **p.** vector $\bar{H}_s = \text{rot } \bar{A}$ (de ex., cazul cîmpului vectorului intensitate de cîmp magnetic, care poate avea și componente potențiale în prezența magneților permanenți, sau cazul vectorului intensitate de cîmp electric în regim variabil).

potențial de electrod, diferență de potențial care apare între un metal și o soluție de electrolit în contact cu metalul. Deoarece această tensiune nu se poate măsura separat, ci numai întreaga tensiune a unei pile galvanice, s-a ales ca electrod standard electrodul de hidrogen (electrod normal), **p.d.e.** al căruia s-a ales ca referință și egal cu zero. Acesta se poate reproduce ușor, sub forma unei plăci de platină introduse într-o soluție saturată cu hidrogen, la presiune determinată. **P.de e.** al diferitelor metale, calculate în comparație cu electrodul standard (hidrogenul) alcătuiesc *seria p. de e. standard*. Această serie arată ordinea în care unele metale pot înlocui alte metale din soluție: metalele cu **p.de e.** mai pozitiv vor fi eliminate din soluție de către metalele cu **p.de e.** mai negativ. Într-o pilă galvanică, electrodul cu **p.de e.** mai negativ constituie anodul, iar cel cu **p.de e.** mai pozitiv, catodul. Cu cît este mai negativ **p.de e.** al unui metal, cu atît este mai mare tendința sa de a intra ca ion în soluție. Metalele nobile au **p.de e.** pozitiv ridicat. *Seria* **p.de e.** în soluție apoasă la 25°C, în V, este: Li −3,01; K −2,92; Ca −2,84; Na −2,713; Mg −2,38; Al −1,66; Zn −0,761; Cr −0,74; Fe −0,44; Cd −0,42; Co −0,27; Ni −0,23; Sn −0,14; Pb −0,126; Pt/H 0,000; Cu +0,34; Hg +0,798; Ag +0,799; Au +1,42. Sin. *potențial metal-soluție*.

potențial electric staționar (V), potențial al cîmpului electric staționar definit de relația $-\text{grad } V = \bar{E}$, avînd proprietăți asemănătoare cu ale → *potențialului electrostatic*, cu deosebirea că suprafețele conductoare nu mai sînt suprafețe echipotențiale. Se folosește la studiul regimului electrocinetic. Sin. *potențial electrocinetic*.

potențial electrocinetic, potențial electric staționar.

potențial electrodinamic, potențial electromagnetic.

potențial electromagnetic, fiecare dintre → *potențialele* scalar, V, și vector, $\bar{A}$, introduse prin relațiile $-\text{grad } V - \frac{\partial\bar{A}}{\partial t} = \bar{E}$; $\text{rot } \bar{A} = \bar{B}$; $\text{rot } \bar{B} = \mu\bar{J}$ ($\bar{E}$ — intensitatea cîmpului electric, $\bar{B}$ — inducția magnetică, $\bar{J}$ — densitatea de curent, μ — permeabilitatea

magnetică), care reprezintă, de fapt, → *legea inducției electromagnetice*, → *legea fluxului magnetic* și → *legea circuitului magnetic* în regim variabil. Pentru separarea variabilelor se introduce legătura dintre cele două potențiale $-\text{rot}\,\bar{A} = \varepsilon\mu\frac{\partial V}{\partial t}$ (condiția de etalonare a lui Lorentz) și $\text{div}\,\bar{E} = \rho/\varepsilon$ (ρ — densitatea sarcinii electrice: ε — permitivitatea; μ — permeabilitatea magnetică) și se obține $-\nabla^2\bar{A} + \varepsilon\mu\frac{\partial^2\bar{A}}{\partial t^2} = \mu\bar{J}$ (simbolic $\square\bar{A} = -\mu\bar{J}$) și $-\nabla^2 V + \varepsilon\mu\frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = \rho/\varepsilon$ (simbolic $\square V = -\rho/\varepsilon$). Soluțiile pentru funcțiile potențialului în acest caz diferă de cele corespunzătoare regimului cuasistaționar (→ *potențial*) prin faptul că mărimile $\bar{J}$ și ρ care intervin în expresia p.e. vector $A(R, t)$ și scalar $V(R, t)$ se consideră funcții de timpul $t - R/v_u$ și nu de timpul t, datorită timpului R/v_u, necesar propagării undei electromagnetice cu viteza $v_u = 1/\sqrt{\varepsilon\mu}$ din punctul unde există curenți și sarcini până în punctul în care se calculează p.e. Din acest motiv, p.e. se mai numesc *potențiale retardate* (întîrziate). Sin. *potențial electrodinamic*.

potențial electrostatic (V), → *potențial* scalar atașat cîmpului electrostatic al vectorului intensitate de cîmp electric $\bar{E}$ definit prin relația $-\text{grad}\,V = \bar{E}$ ($\text{rot}\,\bar{E} = 0$). P.e. este definit cu aproximație de o constantă, care, de regulă, se alege astfel încît p.e. să aibă la infinit valoarea zero. În aceste condiții p.e. într-un punct P este numeric egal cu lucrul mecanic ce trebuie efectuat pentru deplasarea unui corp, cu sarcina electrică egală cu unitatea, de la infinit pînă în acest punct, pentru învingerea forțelor electrostatice. În consecință, p.e. într-un punct reprezintă energia potențială pe care o posedă sarcina electrică unitară aflată în cîmp electrostatic în acel punct. Diferența de p.e. între două puncte A și B se numește → *tensiune electrică* și se poate determina, în mod univoc, cunoscînd intensitatea cîmpului electric, $\bar{E}_B$, în fiecare punct al liniei ce unește cele două puncte $U_{AB} = V_A - V_B = \int_A^B \bar{E}\,\overline{dl}$ (drumul de integrare se poate alege arbitrar). Energia necesară deplasării unei sarcini q între punctele A și B, împotriva forțelor electrostatice, este $W = qU_{AB} = q(V_A - V_B)$. Dacă intensitatea cîmpului electric este constantă (cîmp omogen), $U_{AB} = ER_{AB}$, R_{AB} fiind distanța dintre cele două puncte. În medii omogene, p.e. satisface ecuația lui Poisson $\Delta V = -\rho/\varepsilon$, în care ρ este densitatea de volum a sarcinii electrice, iar ε — permitivitatea mediului. În regim electrostatic, suprafețele conductoare sînt suprafețe echipotențiale. Unitatea de măsură a p.e. este voltul, V.

potențial Hertz ($\bar{Z}$), funcție potențială vectorială a cîmpului electromagnetic definită de relațiile $V = -\text{div}\,\bar{Z}$, $\bar{A} = \varepsilon\mu\frac{\partial\bar{Z}}{\partial t}$. Cu ajutorul p.H. se pot calcula vectorii intensitate de cîmp electric $\bar{E} = \text{rot rot}\,\bar{Z}$ și inducția magnetică $\bar{B} = \varepsilon\mu\frac{\partial}{\partial t}\text{rot}\,\bar{Z}$, fără a se mai apela la componentele → *potențialului electromagnetic* V și $\bar{A}$. P.H. este util la studiul undelor electromagnetice în dielectrici. Sin. *vectorul lui Hertz*.

potențial magnetic staționar, ($\bar{V}_m$), potențial scalar al cîmpului magnetic staționar, definit prin relația $-\text{grad}\,V_m = \bar{H}$, în care $\bar{H}$ este intensitatea cîmpului magnetic staționar, în regiuni din spațiu în care densitatea de curent este nulă ($\text{rot}\,\bar{H} = 0$). Diferența de p.m.s. între două puncte se numește *tensiune magnetică*. Unitatea de măsură a p.m.s. este *amperul*, A.

potențial magnetic vector → **potențial.**

potențial metal-soluție, potențial de electrod.

potențial retardat → **potențial electromagnetic.**

potențial scalar → **potențial.**

potențial vector → **potențial.**

potențiometru, rezistor variabil cu borne de acces atît la cursor, cît și la cele două capete, folosit la divizarea tensiunii electrice. Dacă U_1 e tensiunea aplicată pe rezistența totală a p., R_1, tensiunea culeasă între cursor și o extremitate a p., între care rezistența este R_2, are valoarea $U_2 = U_1R_2/R_1$. P. au, de obicei, mișcare de rotație a cursorului și pot fi bobinate sau chimice, cu legea de variație a rezistenței cu unghiul de rotație liniară, logaritmică sau exponențială. P. de precizie, utilizate, de ex., la programarea calculatoarelor analogice, au unghiuri de rotație mai mari de 360°. *P. bobinate* sînt confecționate din conductoare de rezistență mare (→ *aliaje de mare rezistivitate*), înfășurate pe suporturi izolante (fig. 196). Rezistența p. bobinate este de la

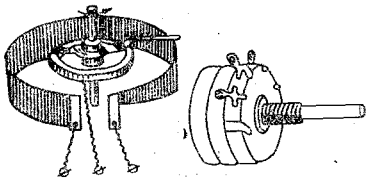


Fig. 196

cîțiva ohmi la zeci de kΩ, puterile de la fracțiuni de W pînă la zeci de W. *P. chimice* sînt formate dintr-o peliculă conductoare depusă pe un disc izolant, pe care alunecă cursorul, valoarea rezistenței fiind de 1 kΩ...5 MΩ. Se mai numesc p. → *compensatoarele* utilizate în tehnica reglării automate.

Poynting, John Henry (1852—1914), fizician englez. Profesor universitar la Birmingham. Studii privind energia electromagnetică; a stabilit expresia variației energiei în dielectrici și a elaborat o teorie a fluxului de energie în regim variabil, exprimîndu-l în funcție de intensitatea cîmpului electric $\bar{E}$ și de intensitatea cîmpului magnetic $\bar{H}$, $\bar{S} = \bar{E}\times\bar{H}$ *(vectorul lui P.)*. A efectuat experiențe asupra presiunii luminii, arătînd că aceasta poate depăși, în anumite cazuri, forța de gravitație. A măsurat densitatea medie a pămîntului (1890) și accelerația gravitațională (1894).

pozarea cablurilor, instalarea cablurilor electrice la locul de utilizare. P.e. de energie se face manual sau mecanizat, în funcție de lungimea traseului și dimensiunile cablului, de modul de pozare (→ *în șanț de cablu*, în canal, în tuburi sau blocuri de beton cu găuri etc.), de utilajele disponibile. La p.e. cu *mașina de pozat cabluri* săparea șanțului, așezarea și acoperirea cablului se fac complet mecanizat. La p.e. cu ajutorul unui *autovehicul*, acesta se deplasează deasupra șanțului sau canalului, transportînd și derulînd cablul ancorat la un capăt cu ajutorul unui dispozitiv de fixare numit ciorap de cablu. Viteza de p.e. este de 25...50 m/min. La p.e. cu ajutorul *rolelor*, așezate pe fundul șanțului la intervale de 2...5 m, capătul cablului este fixat, printr-un ciorap de cablu, de un cablu de oțel, acționat de un troliu special printr-un aparat de măsurare a forței de tracțiune. Cablul se derulează de pe tamburul așezat pe cricuri sau capre. Se obțin viteze de p.e. de 20 m/min. Dacă derularea se face manual, este necesară o persoană la fiecare 1...6 m de cablu, în funcție de greutatea acestuia. Pentru prinderea cablului se pot folosi mînere, agățate de cablu cu funie sau cu cîrlige (fig. 197). Înainte de p.e. se verifică dacă izolația este intactă și dacă nu a pătruns umezeala prin eventualele defecte ale mantalei sau pe la

capetele cablului, care pe perioada depozitării trebuie protejate cu o capsulă de plumb sau printr-un cornet asfaltat, umplut cu bitum topit. Cablul nu trebuie să fie întins, în șanț,

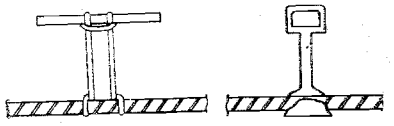


Fig. 197

ci șerpuit, pentru a nu fi solicitat la întindere cînd șanțul va fi astupat și pămîntul bătătorit. În curbe, raza de curbură a cablului trebuie să fie de cel puțin 15 ori diametrul cablului. La subtraversarea șoselelor sau căilor ferate, cablul trebuie introdus în tuburi de beton sau oțel, la o adîncime de cel puțin 1,2, respectiv 1,5 m. P.c. se face la temperaturi ambiante de peste +4°C. După așezarea în șanț, se execută → *îmbinarea* tronsoanelor de cablu.

prag de demarare, valoarea sarcinii unui instrument de măsură cu contor, la care acesta începe să înregistreze.

prăjină izolantă, dispozitiv în formă de bară confecționat din materiale electroizolante, folosit la acționarea separatoarelor de înaltă tensiune (pînă la 6 kV), la scurtcircuitoarele mobile și la dispozitivele de legare la pămînt.

precizie → clasă de precizie.

prelucrare prin electroeroziune, prelucrare prin eroziune electrică.

prelucrare prin eroziune electrică, procedeu de prelucrare a metalelor prin acțiunea directă a curentului electric într-un mediu de lucru fluid. Este un procedeu neconvențional, răspîndit, în ultimul timp, la prelucrarea metalelor dure și extradure. Îndepărtarea particulelor de metal se face prin descărcări electrice în arc sau cu scîntei, prin electroliză, sau printr-o combinare a acestor procedee și îndepărtarea mecanică realizată cu ajutorul unor scule abrazive. Sub acest aspect, **p. prin e.e.** se clasifică în : prelucrare prin descărcări electrice (cel mai răspîndit) ; prelucrare electrochimică (electrolitică) ; prelucrare electrochimică-abrazivă ; prelucrare anodomecanică. 1) *Prelucrarea prin descărcări electrice*, numită adesea, pe scurt, **p. prin e.e.**, se folosește deja, pe scară largă, la confecționarea, ascuțirea și durificarea sculelor, prelucrarea ștanțelor și matrițelor, executarea de găuri cu diametre de ordinul micronilor, debitarea după profile complexe, scoaterea sculelor rupte (tarozi, burghie) etc. Se folosesc *electrozi-sculă* de profile corespunzătoare formei suprafeței generate prin prelucrare : pentru găuri de diferite forme, electrozi de forma unei „ștampile" ; pentru tăiere, electrozi sub formă de disc cu mișcare de rotație sau de fir sau bandă, cu mișcare de translație. Electrodul-sculă se conectează la catodul unui generator de impulsuri cu frecvența de ordinul sutelor de herți, iar piesa, la anod. Folosirea generatoarelor de impulsuri cu tiristoare a determinat răspîndirea **p. prin e.e.**, diversificarea mașinilor de prelucrare și a domeniilor de aplicare. Între electrodul-sculă și piesă circulă un fluid de lucru dielectric, avînd rol de răcire și de evacuare a particulelor scoase din piesă. Interstițiile dintre sculă și piesă sînt menținute la valorile impuse cu precizie de ordinul micronilor, cu ajutorul regulatoarelor electronice, evitîndu-se, astfel, scurtcircuitele. În interstițiul de lucru, între vîrfurile neregularităților piesei și sculei apar descărcări electrice care ridică local temperatura la cca 50 000°C, aceste vîrfuri fiind rapid topite și, parțial, vaporizate. Evacuarea produselor eroziunii este favorizată de microexploziile produse în timpul descărcării. Ca *dielectric* de lucru se utilizează uleiurile minerale, apa sau, mai frecvent, petrolul. Electrozii sculă sînt din alamă, cupru, fontă sau produși prin sinterizare, din pulberi de cupru și grafit. 2) *Prelucrarea electrochimică* constă în dizolvarea anodică a materialului piesei, prin procesul de electroliză. 3) *Prelucrarea electrochimică-abrazivă* este caracterizată de existența unei presiuni de contact între cei doi electrozi, care se deplasează unul față de altul. Stratul pasiv, neutru din punct de vedere electric, care se formează prin electroliză pe suprafața piesei, este îndepărtat de granulele abrazive existente pe electrodul-sculă. La procedeele electrochimice nu apar descărcări între cei doi electrozi, iar fluidul de lucru este bun conducător de electricitate (electrolit). Ca electroliți se folosesc soluții de silicat de sodiu, nitrat de sodiu, borax, iar ca materiale pentru scule, un metal sau grafitul, pe care sînt fixate cu un liant, granule abrazive de carbură de siliciu, diamant etc. **P.prin e.e.** electrochimică și electrochimică-abrazivă se aplică la ascuțirea sculelor aşchietoare, monobloc sau armate cu carburi metalice (cuțite brazate, plăcuțe dure schimbabile etc.). 4) *Prelucrarea anodo-mecanică*, mai puțin răspîndită, combină procedeele de prelucrare mecanice, electroerozive prin descărcări și electrochimice. Prin dizolvare anodică pe piesă se formează o peliculă pasivă, care se îndepărtează prin acțiunea mecanică a sculei. În momentul ruperii particulelor din această peliculă, se produc descărcări electrice între vîrfurile microneregularităților piesei de prelucrat și a sculei. Ca electrolit se folosesc soluții de săruri de bariu, calciu, zinc, sau, mai frecvent, soluții apoase de silicat de sodiu. Sculele sînt, de regulă, sub formă de discuri sau de bandă continuă, confecționate din fontă, cupru sau aluminiu. **P.prin e.e.** anodo-mecanică se aplică la ascuțirea sculelor aşchietoare, la tăierea semifabricatelor, la strunjirea pieselor din materiale greu prelucrabile (molibden, wolfram, oțeluri manganoase etc.). **P.prin e.e.** se aplică și în tehnologia semiconductoarelor, la prelucrarea monocristalelor, pentru păstrarea purității și proprietăților lor. Prima încercare de **p.prin e.e.** au făcut-o, în 1943, B.R. și N.I. Lazarenco, care au aplicat fenomenul, cunoscut de mult în electrotehnică, de distrugere a contactelor, periilor, lamelelor de colector de scînteile produse prin descărcări electrice. Sin. *prelucrare prin electroeroziune.*

premagnetizare, magnetizare suplimentară, constantă, a unor circuite magnetice funcționînd în curent alternativ. Prin **p.** se obține o deplasare a punctului de funcționare pe → *caracteristica de magnetizare* a circuitului. Se poate obține fie cu ajutorul unor înfășurări auxiliare de curent continuu (înfășurări de p.), fie cu ajutorul unor magneți permanenți intercalați în circuitul magnetic. Se utilizează la bobine saturabile, amplificatoare magnetice, transformatoare de sudare cu arc în curent alternativ, relee polarizate etc.

primar (înfășurare primară) → transformator.

priză, priză electrică.

priză de înfășurare, derivație dintr-o înfășurare, la care se face o legătură electrică suplimentară. La înfășurarea indusului (de ex., la mașina electrică → *comutatoare*) **p.de î.** servește la legarea de inelele colectoare, pe partea de curent alternativ. La transformatoare **p.de î.** permit variația în trepte a raportului de transformare (de ex., **p.de î.** de ±5%). Schimbarea raportului de transformare se poate face sub sarcină, cu comutatoare speciale de reglare sub sarcină a tensiunii, sau numai în gol. **P.de î.** se folosesc, de asemenea, la → *autotransformatoare.*

priză de pămînt, dispozitiv prin intermediul căruia se realizează o legătură electrică directă cu pămîntul a unei instalații electrice sau a unor echipamente electrice. *P.de p. de exploatare* servesc la legarea la pămînt a neutrului transformatoarelor în rețelele de joasă tensiune sau la tratarea neutrului cu → *bobine de stin-*

gere. P.de p. de protecție se utilizează în instalațiile de legare la pămînt de protecție. **P.de p.** ale instalațiilor de → *paratrăsnet* pot fi independente sau comune cu **p.de p.** de protecție. **P.de p.** pot fi naturale sau artificiale. *P.de p. naturale* sînt constituite din elemente bune conducătoare de electricitate, aflate în contact permanent cu solul, cum sînt : conducte metalice de apă sau fluide (care nu prezintă pericol de incendiu sau explozie), aflate în pămînt ; construcții metalice cu bună legătură cu pămîntul ; învelișurile metalice ale cablurilor armate îngropate în pămînt etc. *P.de p. artificiale* sînt constituite din electrozi metalici introduși în pămînt, special în acest scop. **P.de p.** artificiale se utilizează atunci cînd în apropiere nu există **p.de p.** naturale, sau cînd rezistența lor electrică nu este suficient de mică. După modul de construcție, **p.de p.** se împart în **p.de p.** verticale (de adîncime) și **p.de p.** orizontale (de suprafață). *P.de p. verticale* (fig. 198)

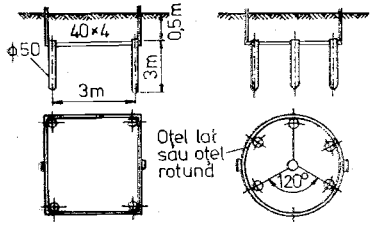


Fig. 198

se compune dintr-un număr de electrozi, din țeavă de oțel zincat, cu lungimea de cca 3 m și diametrul de 40...50 mm. Legătura între electrozi se face cu benzi de oțel de 40×4 mm² sau cu oțel rotund cu secțiunea minimă de 150 mm². Punctele de legătură se sudează, iar locurile de îmbinare se acoperă cu smoală, pentru a le proteja de coroziune. **P.de p.** verticale au avantajul că nu sînt afectate de variații de temperatură și umiditate în sol și dau tensiuni de pas de valoare mică. *P.de p. orizontale* sînt confecționate din benzi metalice de 40×4 mm², amplasate la o adîncime de 0,5...0,8 m (fig. 199), și se folosesc

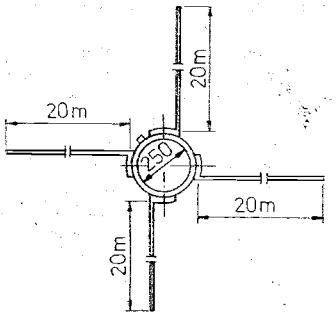


Fig. 199

în soluri pietroase sau în instalații provizorii, pe șantiere, în agricultură, la stîlpii de înaltă tensiune etc., fiind mai ieftine decît **p.de p.** verticale, dar avînd rezistențe influențate de variațiile sezoniere ale umidității și temperaturii solului. Orientativ, la o rezistivitate a solului de 100 Ωm, valorile rezistenței **p.de p.** simple sînt : la electrozi verticali de 50 mm diametru și 3 m lungime, 30 Ω ; la benzi metalice cu lățime de 20...40 mm, îngropate la o adîncime de 0,5 m : 44 Ω la 2 m lungime ; 26 Ω la 5 m ; 15 Ω la 10 m. Măsurarea rezistenței **p.de p.** se poate face prin mai multe metode, dintre care cele mai utilizate sînt metoda voltmetrului și ampermetrului și metoda punții. Măsurarea trebuie făcută în curent alternativ, pentru excluderea oricăror tensiuni străine, de polarizare, care ar putea apărea în curent continuu. Principiul *metodei voltampermetrice* constă în măsurarea tensiunii U_{px} a **p.de p.** care se verifică și a curentului I_p care trece prin ea (fig. 200). Din relația $R_{px} = U_{px}/I_p$ se determină valoarea rezistenței căutate. Rezistența prizei auxiliare P_a poate fi de cîteva zeci de ohmi, iar

rezistența sondei S trebuie să fie neglijabilă în raport cu rezistența interioară a voltmetrului, în caz contrar, tensiunea **p.de p.** se determină

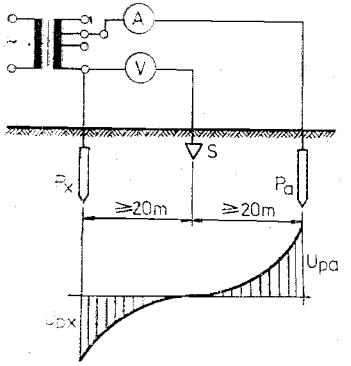


Fig. 200

cu relația $U_{px} = U_v(1 + R_s/R_v)$, în care U_v este indicația voltmetrului, R_s — rezistența prizei-sondă ; R_v — rezistența interioară a voltmetrului. Se pot utiliza și aparate speciale, care mai permit măsurarea rezistivității solului sau a rezistențelor obișnuite. Aceste aparate au ca surse de curent continuu baterii, care alimentează invertoare tranzistorizate pentru convertirea în curent alternativ. *Punțea de măsură* portativă, bazată pe principiul punții Wheatstone, are ca sursă o baterie și un invertor ce produce curent alternativ de audiofrecvență (cca 800 Hz). Măsurătoarea necesită o priză auxiliară și o sondă, instalate ca la metoda voltampermetrului (fig. 201). Echilibrarea punții se face prin deplasarea cursorului C pe firul rezistent, care însumează rezistențele r_1, r_2, observînd nivelul sunetului în telefonul T. La echilibru sînt valabile relațiile : — în schema *a*, $R_{px}/(R_a+R) = r_{1a}/r_{2a}$; în schema *b*, $(R_{px}+R_a)/R = r_{1b}/r_{2b}$, în care R este o rezistență de comparație aflată în cutia punții. Rezultă $R_{px} = R \cdot r_{1a}/r_{2b}$; ($r_{1a} + r_{2a} = r_{1b} + r_{2b}$). Sonda trebuie să aibă maximum 300 Ω.

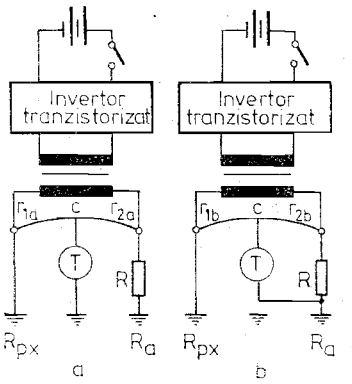


Fig. 201

priză electrică, parte componentă a unui aparat de conectare (p. cu → *fișă*) prin care se realizează legătura amovibilă la rețea a unui receptor, de obicei, mobil. **P.e.** constă dintr-un suport izolant, cu borne pentru legarea conductoarelor instalației fixe și un număr de teci (bucșe) în care intră știfturile fișei. Presiunea de contact asupra fișei se obține prin elasticitatea materialului din care sînt confecționate tecile sau prin resorturi, elicoidale sau lamelare. Capacul **p.e.**, de regulă izolant, nu lasă libere decît găurile pentru introducerea știfturilor fișei. **P.e.** au o astfel de construcție încît să nu permită introducerea, pînă la atingerea tecii, a unui singur știft, iar adîncimea tecii trebuie să fie suficientă pentru a nu putea atinge știftul aflat sub tensiune. **P.e.** cu contacte de protecție servesc la racordarea receptoarelor la care se aplică protecția prin legare la nul. Fișele fără contact de protecție, de regulă, nu pot fi introduse în **p.e.** cu contacte de protecție. Contactele de protecție ale **p.e.** sînt astfel amplasate, încît să fie atinse de lamelele corespunzătoare ale fișei înainte de atingerea contactelor de lucru. După utilizare,

se deosebesc: *p.e. bipolare*, cu sau fără contacte de protecție, pentru instalații în locuințe, fixate de obicei pe perete, sub sau pe tencuială; *p.e. pentru prelungitoare*, simple sau multiple (cel mai frecvent, triple); *p.e. de aparat*, fixate la capătul unui cordon, pentru racordarea la rețea a unui aparat prevăzut cu fișă de aparat (de ex., la unele aparate electrotermice casnice vechi); *p.e. trifazate*, pentru receptoare de forță, în diferite variante constructive (grade de protecție), cu carcasă izolantă sau metalică (fontă sau siumin); *p.e. multiple*, pentru utilizări speciale. La p.e. cu tensiuni mai mari de 250 V față de pămînt nu este permisă introducerea sau scoaterea fișei sub tensiune. **P.e.** se aleg după solicitarea electrică (încărcarea cu curent) sau mecanică. Fișele de anumiți curenți nominali nu trebuie să intre în p.e. de alți curenți. Curenții nominali ai p.e. sînt: 10; 16; 25; 32; 63 A. Sin. *priză*.

Procopiu, Ștefan (1890—1972), fizician român. Profesor universitar la Iași. Membru al Academiei R. S. România. Studiind proprietățile electrice și magnetice ale soluțiilor coloidale și suspensiilor cristaline, descoperă un fenomen, necunoscut pînă atunci, de depolarizare longitudinală a luminii ce străbate aceste medii *(fenomenul* **P.**). În 1919, concomitent cu N. Bohr și independent de acesta, stabilește expresia momentului magnetic al electronului, care a căpătat denumirea *„magnetonul* **Bohr-Procopiu"**. În 1929, descoperă discontinuitatea magnetică la trecerea curentului alternativ prin fire feromagnetice *(efectul* **P.**). În 1947, identifică, pentru prima oară, fenomenul de variație, cu o perioadă de cca 500 ani, a cîmpului magnetic terestru, afirmînd că începînd cu anul 1932 momentul magnetic al pămîntului crește.

programator, aparat de comutație cu mai multe circuite folosit la comanda automată a proceselor la care comenzile se repetă periodic, în cicluri de la cîteva minute la cîteva ore, după un program fix, prestabilit. **P.** constau din discuri cu came, amplasate pe un ax antrenat de un motor sincron, care acționează comutatoare (microîntreruptoare).

protecția generatoarelor, ansamblul sistemelor de protecție folosite la generatoare sincrone. În funcție de puterea generatoarelor, se aplică următoarele sisteme de protecție (→ *protecția instalațiilor electrice*): *diferențială longitudinală instantanee* — contra scurtcircuitelor polifazate; *diferențială transversală* — contra scurtcircuitelor între spirele unei faze (la generatoarele cu două înfășurări paralele pe fază legate în stea); *de curent omopolar* — contra punerilor la pămînt monofazate; *maximală de curent* — contra punerilor la pămînt în circuitul de excitație; *maximală de curent* — contra scurtcircuitelor și suprasarcinilor exterioare; *maximală de tensiune* — contra supratensiunilor provocate de supraturații (numai la hidrogeneratoare). Generatoarele cu puteri mai mari de 5 MW dispun de toate sistemele de protecție menționate.

protecția instalațiilor electrice, ansamblul mijloacelor și procedeelor aplicate pentru limitarea efectelor perturbațiilor, produse într-o instalație sau echipament electric, de supracurenți (în special, curenți de scurtcircuit), supratensiuni, sau cauzate de scăderea rezistenței de izolație între părțile aflate sub tensiune, ori între acestea și pămînt sau corpul utilajelor. **P.i.e.** trebuie să fie selectivă (→ *selectivitatea protecției*), rapidă, sensibilă la scurtcircuite, indiferent de locul producerii lor și sigură în funcționare. **P.i.e.** *contra scurtcircuitelor* se realizează cu → *siguranțe fuzibile* sau cu → *relee* de protecție. *P.i.e. cu siguranțe fuzibile* se aplică, de regulă, la instalațiile de joasă tensiune, dar și la cele de înaltă tensiune sub 35 kV) la puteri mici (de ex. la transformatoarele de măsură de tensiune). Avantajele sale consistă în: simplitate, rapiditate, cost redus, iar dezavantajele în: precizie și selectivitate reduse, posibilitatea apariției supratensiunilor, în special, la siguranțele fuzibile ultrarapide, folosite frecvent la → *protecția ventilelor semiconductoare*. *P.i.e. cu relee de protecție* este aplicată frecvent, în instalațiile de înaltă tensiune și cuprinde: elemente de măsură (transformatoare de curent și relee de curent, transformatoare de tensiune și relee de tensiune); elemente de execuție (relee intermediare, relee de timp); elemente de semnalizare (relee de semnalizare, lămpi de semnalizare, hupe etc.). **P.i.e.** poate fi cu acționare instantanee sau temporizată. După felul parametrului de măsurat, se deosebesc următoarele sisteme de **p.i.e.** cu relee: de curent (maximală); de curent cu blocare de tensiune minimă (la dispariția sau scăderea tensiunii sub o anumită valoare); maximală diferențială (transversală sau longitudinală); de curent omopolar; de distanță; de curenți de scurgeri (acționează la scăderea rezistenței de izolație sub o anumită limită, la rețelele cu neutru izolat). *Protecția de curent* (maximală) acționează atunci cînd curentul depășește valoarea curentului reglat. Elementele de măsură sînt relee de curent, iar cele de execuție, relee intermediare (la protecția instantanee) sau de timp (la protecția temporizată). După felul reglării, există protecție cu secționare de curent (instantanee) și protecție maximală temporizată, independentă sau dependentă. *Secționarea de curent* (fig. 202) se folosește în rețelele la care valoarea curentului de scurtcircuit nu este mult influențată de regimul de funcționare și acționează la scurtcircuite produse pe o lungime l pentru care curentul de scurtcircuit depășește valoarea curentului reglat I_r. Se utilizează, de regulă, asociată cu alte metode de **p.i.e.**, de ex., cu protecția maximală temporizată. *Protecția maximală temporizată independentă* (fig. 203, *a*)

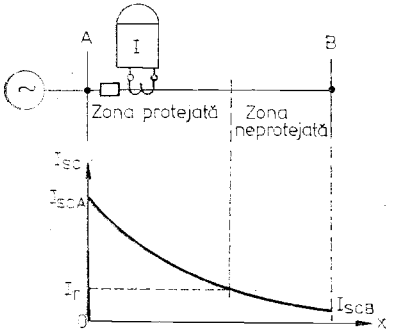


Fig. 202

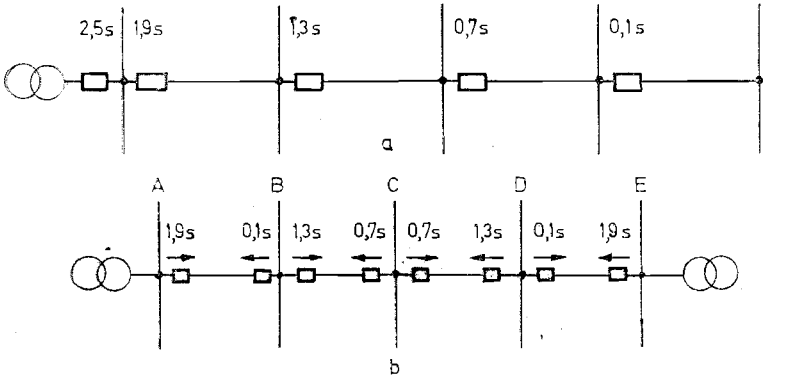


Fig. 203

acționează la depășirea valorii reglate a curentului releului maximal, cu o temporizare independentă de valoarea curentului de scurtcircuit. Dezavantajul său constă în faptul că pentru asigurarea selectivității, temporizarea trebuie să fie cu atît mai mare, cu cît întreruptorul comandat se află mai aproape de sursă (fig. 203, *a*), deci scurtcircuitele de curenți mai mari vor fi deconectate după un timp mai îndelungat, deci efectele vor fi mai mari. Se aplică numai la linii radiale, alimentate de la un singur capăt. *Protecția maximală temporizată dependentă* utilizează relee maximale de inducție, care acționează cu o temporizare cu atît mai mare, cu cît curentul de defect este mai mare. Din cauza preciziei reduse, domeniul de aplicare este limitat. *Protecția maximală direcțională* acționează la depășirea valorii reglate a curentului, dar numai cînd puterea de scurtcircuit are un anumit sens. Este necesară, în special, la liniile alimentate de la două capete (fig. 203, *b*) în care o protecție maximală temporizată nu ar asigura selectivitatea impusă (oriunde ar fi scurtcircuitul, ar declanșa întreruptoarele din *B* și *D*, care au temporizarea minimă, de 0,1 s). Condiționarea acționării de sensul puterii se face cu relee direcționale, numite și relee de putere (de inducție, electrodinamice), alimentate de la transformatoare de curent și de tensiune (fig. 204). *Protecția diferențială longitudinală* (comparativă de curent) compară curenții de la cele două capete

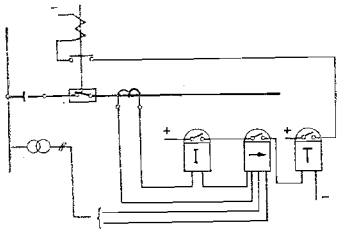


Fig. 204

ale liniei ca valoare și sens (fig. 205). La funcționare normală sau în caz de scurtcircuit produs în afara zonei protejate, curenții i_1 și i_2 sînt egali și în fază, iar releul nu este acționat. La producerea unui scurtcircuit în interiorul zonei protejate, curenții prin releu se însumează și acesta acționînd, comandă declanșarea întreruptoarelor. Metoda este frecvent aplicată la linii aeriene și în cabluri, mașini sincrone, transformatoare, motoare etc. *Protecția diferențială transversală* se aplică la liniile duble (cu două circuite în paralel) și compară curenții ce trec prin fiecare circuit. Dacă cele două circuite sînt legate la bare printr-un singur întreruptor (fig. 206) se aplică

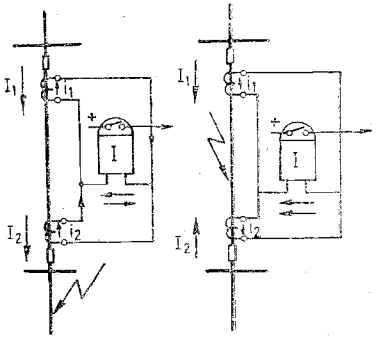


Fig. 205

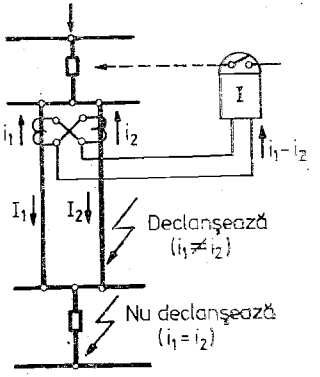


Fig. 206

protecția diferențială transversală de curent; dacă fiecare circuit are întreruptorul său, se aplică *protecția diferențială transversală de curent direcțională*, prevăzută cu un releu de putere care selectează circuitul defect. *Protecția de curent omopolar* (protecția maximală omopolară) se bazează pe apariția unui curent de secvență omopolară (→ *componente simetriice)* la punerea unei faze la pămînt sau la carcasa mașinilor și transformatoarelor. Curentul omopolar poate fi sesizat prin legarea în paralel a secundarelor transformatoarelor de curent care alimentează releul de curent (montaj *Holmgreen*), sau, mai frecvent, cu ajutorul unui transformator de curent special, de forma unui tor bobinat, prin interiorul căruia se introduce cablul (fig. 207). În cazul rețelelor

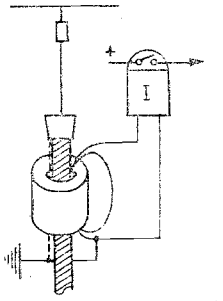


Fig. 207

cu neutrul izolat sau compensat, curentul omopolar se închide și prin liniile sănătoase, prin capacitățile acestora față de pămînt, iar pentru asigurarea selectivității trebuie folosită *protecția omopolară direcțională*. *Protecția de distanță*, utilizată pe scară largă în rețelele cu tensiuni începînd de la 110 kV, comandă declanșarea întreruptorului cu o temporizare cu atît mai mare, cu cît distanța pînă la defect este mai mare, măsurînd impedanța, reactanța sau admitanța circuitului pînă la locul scurtcircuitului. Față de protecția de curent prezintă performanțe superioare (rapiditate, sensibilitate, selectivitate), dar este mai complexă și mai scumpă. În componența protecției de distanță intră elemente de pornire (de sesizare a defectului), de distanță (măsoară impedanța pînă la locul defectului), de temporizare (care, de regulă, se face în 3 trepte), direcționale de putere (controlează sensul puterii de defect). *P.i.c. contra curenților de scurgeri* se aplică în rețelele cu neutru izolat din exploatările miniere subterane și acționează la scăderea rezistenței de izolație sub o anumită valoare (de ex., sub 6 kΩ), inclusiv la punerile la pămînt, cu scopul micșorării pericolului de electrocutare, evitării amorsării premature a capselor electrice (amorselor pentru explozivi) și eliminării încălzirii periculoase a instalațiilor provocate de curenții de scurgeri, care pot cauza aprinderea prafului de cărbune sau a amestecurilor explozive. Se folosesc relee electronice, conectate între un neutru artificial, format din 3 bobine legate în stea și pămînt, la care scăderea rezistenței de izolație modifică negativarea tubului electronic sau polarizarea tranzistorului, care, deblocîndu-se, comandă declanșarea întreruptorului. *P.i.c. contra supratensiunilor* are ca scop prevenirea defectării echipamentelor unei instalații electrice ca urmare a apariției → *supratensiunilor* atmosferice sau interne (de comutație), ținîndu-se seama de principiile → *coordonării izolației*. Se obține prin limitarea supratensiunilor interne, evitarea loviturilor directe de trăsnet asupra liniilor și stațiilor prin ecranare (→ *fir de gardă*, → *paratrăsnet*), reducerea supratensiunilor incidente cu ajutorul → *descărcătoarelor* cu rezistență variabilă, folosirea dispozitivelor de reanclanșare automată rapidă (→ *RAR*), pentru limitarea duratei întreruperilor datorate supratensiunilor.

protecția motoarelor, ansamblul măsurilor și dispozitivelor de protecție

aplicate motoarelor electrice de acționare în vederea asigurării unei bune fiabilități și a unei durate normale de exploatare. **P.m.** îndeplinește următoarele funcțiuni: evitarea suprasolicitărilor termice, care ar degrada, în special, izolația înfășurărilor: evitarea funcționării cu tensiune prea mică, care ar determina creșterea curentului peste valoarea nominală sau chiar oprirea motoarelor asincrone și sincrone, la depășirea cuplului critic (de răsturnare): eliminarea unor supratensiuni, în special, la motoarele de înaltă tensiune. **P.m.** se extinde și asupra rețelei de alimentare, protejînd-o de supracurenți sau de încărcare nesimetrică. După modul cum se realizează, există următoarele tipuri de **p.a.m.**: *a) Protecția la suprasarcini* acționează atunci cînd se depășește sarcina nominală a motorului. Supraîncărcarea atrage ridicarea temperaturii înfășurărilor și deteriorarea izolației. Supraîncălzirea poate fi sesizată indirect, prin intermediul curentului din înfășurări, sau direct, prin măsurarea temperaturii (de ex., cu → *termistoare*). Protecția termică indirectă poate fi instantanee (cu ajutorul unor relee maximale de curent), sau, mai frecvent, temporizată, cu ajutorul unor relee termice (de ex., cu → *bimetal*). *b) Protecția la rămînerea* motoarelor trifazate *în două faze* realizează **p.m.** contra funcționării în monofazat și protecția rețelei de alimentare contra încărcării nesimetrice. Se realizează cu dispozitive speciale, sau cu ajutorul releelor termice (ca la pct. a)), reglate la $(1{,}05\ldots1{,}1)I_n$. *c) Protecția de scurtcircuit* asigură deconectarea motorului la scurtcircuite interne (de ex., între spire) sau externe, cu → *siguranțe fuzibile* sau întreruptoare automate cu relee maximale de curent, reglate la o valoare puțin superioară curentului de pornire al motorului. *d) Protecția de tensiune minimă* acționează la scăderea tensiunii de alimentare sub o anumită valoare limită (de ex., sub 0,85 U_n) sau la dispariția tensiunii, pentru a se evita pornirea necontrolată a motoarelor, fără asigurarea, în prealabil, a condițiilor de pornire (reostate de pornire, comutatoare stea-triunghi etc.). La acționările de puteri mici este frecvent utilizată **p.m.** sub forma combinației de contactoare cu relee termice, pentru protecția la suprasarcini de durată și siguranțe fuzibile, pentru protecția la scurtcircuit. Față de întreruptoarele automate (prevăzute, de regulă, cu declanșatoare termice), contactoarele au avantajul unei construcții mai simple și mai robuste, ceea ce le conferă o durată mai mare de exploatare și un număr mai mare de conectări (cca 10^7 față de 10^4 la întreruptoare), în schimb, nefiind prevăzute cu dispozitive de stingere a arcului electric, contactoarele nu pot întrerupe curenți de scurtcircuit. La motoare de puteri mare și înaltă tensiune, se aplică și metodele de la → *protecția generatoarelor* (de ex., protecție diferențială longitudinală contra scurtcircuitelor polifazate, la puteri peste 2000 kW, sau protecție de curent omopolar). Pentru **p.m.** de înaltă tensiune, alimentate direct din rețea, contra supratensiunilor atmosferice, se folosesc → *descărcătoare* conectate pe ultimul stîlp al liniei aeriene de alimentare.

protecția rețelelor electrice, protecția instalațiilor electrice.

protecția transformatoarelor, ansamblul măsurilor luate pentru prevenirea funcționării anormale a transformatoarelor și diminuarea efectelor defecțiunilor interne sau externe (scăderea nivelului de ulei sau degajări de gaze cauzate de defecte în interiorul cuvei, scurtcircuite între spire sau între înfășurări, scurtcircuite în rețele etc.). În funcție de puterea transformatoarelor, **p.t.** constă în: *protecție de gaze*, cu *relee Buchholtz*, la puteri peste 560 kVA, care sesizează formarea de gaze în cuvă, pierderile de ulei sau circulația neobișnuită a uleiului între cuvă și rezervorul de

dilatare, dînd comenzi de semnalizare sau declanșare; *protecție diferențială* fără temporizare (la puteri peste 1000 kVA) sau *protecție de supracurent* (secționare de curent); *protecție de distanță* (la puteri peste 200 MVA). Protecția cu → *siguranțe fuzibile* de înaltă tensiune se aplică numai la transformatoare de maximum 1 000 kVA, care alimentează rețele sau receptoare la maximum 1 000 V.

protecția ventilelor semiconductoare, ansamblul procedeelor și dispozitivelor de protecție a dispozitivelor electronice de putere contra supracurenților și supratensiunilor, sau contra intrării necontrolate în conducție (la ventilele comandate). Pentru dimensionarea dispozitivelor de protecție la supracurenți este utilă cunoașterea integralei limită de sarcină I^2t, care reprezintă valoarea maximă admisibilă a integralei în timp a pătratului curentului prin ventil. Dimensionarea trebuie să fie foarte precisă, căci o creștere neînsemnată a pierderilor (puterea disipată sub formă de căldură în tableta semiconductoare), poate provoca o ridicare însemnată a temperaturii, din cauza capacității termice reduse, ceea ce duce la distrugerea ventilului prin supraîncălzire. Supracurenții pot să apară la suprasarcini, la scurtcircuite pe partea de curent redresat, pe partea de curent alternativ sau la străpungerea unui ventil din schema de redresare. Se aplică următoarele dispozitive de **p.v.s.** la supracurenți: siguranțe fuzibile ultrarapide, întreruptoare ultrarapide de curent continuu, scurtcircuitoare ultrarapide și separatoare ultrarapide care se deschid fără sarcină. *Siguranțele fuzibile ultrarapide* au un timp de acționare de ordinul milisecundelor, care cuprinde atît timpul de topire, cît și timpul de stingere a arcului. Capacitatea termică a fuzibilului trebuie să fie mai mică decît a ventilului protejat, deci caracteristica de topire a siguranței să se afle sub caracteristica de suprasarcină a ventilului ($I = f(t)$). Fuzibilele se conectează fie în serie cu fiecare ventil, pentru eliminarea din schema cu mai multe elemente în paralel a diodelor și tiristoarelor defecte, fie, mai rar, pe partea de alimentare a receptorului, pentru deconectarea instalației la scurtcircuite exterioare. *Întreruptoarele ultrarapide de curent continuu* utilizate pentru întreruperea curenților de scurtcircuit sau de suprasarcină, acționează în 5...15 ms fie la o depășire a curentului reglat, fie la o depășire a vitezei de creștere a acestuia. Dezavantajul siguranțelor și întreruptoarelor ultrarapide constă în apariția supratensiunilor de comutație, cu atît mai mari, cu cît este mai rapidă întreruperea curentului din circuit. *Scurteircuitoarele ultrarapide* au un timp de acționare de 0,6...1 ms obținut prin limitarea cursei pieselor în mișcare, a căror masă este redusă la minimum și prin aceea că nu mai este necesar un timp de stingere a arcului, ca la siguranțe fuzibile și întreruptoare. Scurtcircuitoarele ultrarapide pun în scurtcircuit bornele secundare ale transformatorului de alimentare (prin contactele C_A, fig. 208), sau, în unele cazuri, și bornele de ieșire a redresorului (prin contactele C_B), în momentul cînd apare tendința de creștere bruscă a curentului peste valoarea nominală (moment

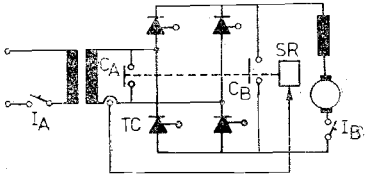


Fig. 208

sesizat de traductorul T_c). Curentul de scurtcircuit al transformatorului este deconectat, după cca 60 ms de întreruptorul automat I_A, iar curentul menținut prin sarcină de către tensiunea electromotoare a motorului, de

întreruptorul automat I_B. Scurtcircuitoarele ultrarapide nu produc supratensiuni de comutație. *Separatoarele ultrarapide* care se deschid fără sarcină elimină și neajunsul scurtcircuitoarelor, care produc o suprasolicitare a înfășurărilor transformatorului, dar necesită dispozitive de comandă și traductoare costisitoare, care să sesizeze ce ramură a redresorului nu este parcursă de curent în momentul imediat următor scurtcircuitului. **P.v.s.** numai cu *întreruptorul automat de rețea* este posibilă atunci cînd curentul de scurtcircuit este limitat de impedanța de scurtcircuit a transformatorului sau a bobinelor de rețea (la mutatoarele fără transformator), la valori care să poată fi suportate de ventile în timpul necesar declanșării (50...60 ms). În unele scheme este posibilă limitarea curenților prin *suprimarea impulsurilor de comandă* a tiristoarelor, în momentul detectării tendinței de creștere bruscă a curentului peste limita impusă. **P.v.s.** la **supratensiuni interne** (datorate unor fenomene ce însoțesc procesul de trecere din stare de conducție în stare blocată) sau externe (produse de variațiile rapide de curent în circuitele inductive) se asigură cu condensatoare, înseriate cu rezistențe, pentru evitarea oscilațiilor. Grupul de protecție *RC* se conectează în paralel cu ventilul (contra supratensiunilor interne) sau cu sursa de curent alternativ (fig. 209). Supratensiunile externe pot fi suprimate și prin legarea unor diode de circulație liberă, în paralel cu bobina de netezire

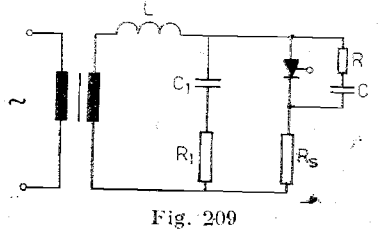


Fig. 209

sau cu sarcina inductivă. La întreruperea circuitului, energia stocată în inductivități ($Li^2/2$) va fi disipată pe aceste diode, în loc să se disipeze pe tiristor. Distrugerea tiristoarelor poate surveni și datorită supraîncălzirilor locale, ca urmare a variației foarte rapide a curentului de sarcină ($di/dt) > (di/dt)_{adm} = 3...30$ Aμs^{-1}), creșterea curentului producîndu-se mai rapid decît extinderea zonei de conducție. **Limitarea lui** di/dt se face prin înserierea cu tiristorul a unor bobine de protecție cu miez de fier (într-un circuit inductiv, curentul nu poate crește brusc). Prin saturarea bobinei la curenți mari, repartizați pe întreaga joncțiune, se poate obține în continuare o creștere cu viteză mare a curentului de sarcină, pînă la atingerea valorii nominale. Tiristoarele rapide pot admite di/dt pînă la 10^3Aμs^{-1}. **Intrarea necontrolată în conducție** a tiristoarelor poate surveni la depășirea vitezei admisibile de creștere a tensiunii directe ($du/dt) > (du/dt)_{adm} = 20...200$ Vμs^{-1}), ca urmare a curentului de deplasare ce apare prin capacitățile joncțiunilor, care trece și în circuitul de comandă. Și în acest caz se produc supraîncălziri locale, care pot distruge tiristorul. Grupul *RC* de protecție la supratensiuni asigură și o limitare a vitezei de creștere a tensiunii (într-un circuit capacitiv, tensiunea pe condensator nu poate crește brusc). Montarea unui circuit *RC* între catod și electrodul de comandă poate împiedica intrarea tiristorului în conducție fără curent de comandă. **Cuplajele parazite** se micșorează prin torsadarea firelor de comandă a tiristoarelor, prin ecranarea și pămîntarea circuitelor de comandă. Cele mai bune rezultate în deparazitarea circuitelor de comandă se obțin cu ajutorul *dispozitivelor optoelectronice*, care separă formatoarele de impulsuri (realizate cu circuite integrate, foarte sensibile la paraziți) de partea de forță a mutatorului. La instalațiile care lucrează

la frecvențe mari sau în regim de comutație forțată, o astfel de separare este necesară și între circuitele informaționale și formatoarele de impulsuri. Dispozitivele optoelectronice folosite constau dintr-o diodă fotoluminescentă și un fototranzistor sau fototiristor, amplasate într-o carcasă comună. Pe lîngă stabilitate la paraziți, ele asigură și reducerea puterii necesare pentru comandă.

protecție antideflagrantă → protecție antiexplozivă.

protecție antiexplozivă, totalitate a măsurilor luate pentru funcționarea fără pericol a echipamentului electric în medii care conțin amestecuri explozive. Echipamentul electric protejat contra exploziilor cuprinde două grupe de protecție: grupa I, cu protecție *antigrizutoasă* (simbol Ex I) pentru lucrări în minele cu degajări de gaz metan (grizutoase) și grupa II, cu **p.a.**, pentru funcționare în locuri cu atmosferă explozivă alta decît gazul metan (simbol Ex II). Măsurile de protecție ce se iau urmăresc împiedicarea aprinderii amestecurilor explozive din atmosferă (gaze, vapori, ceață sau praf combustibil) ca urmare a scînteilor sau arcului electric formate din cauza unor contacte imperfecte sau ca urmare a supraîncălzirii locale a aumitor părți componente, cum ar fi înfășurările motoarelor sau transformatoarelor. Se aplică următoarele moduri de **p.a.**: 1) *capsularea antideflagrantă* (simbol *d*), care constă în introducerea părților periculoase ale utilajelor într-o carcasă cu rezistență mecanică capabilă să suporte presiunea eventualei explozii a amestecului exploziv pătruns în interior și, în același timp, să asigure răcirea gazelor rezultate la ieșirea în exterior prin laminare cu ajutorul unor interstiții înguste sau cu labirinți; 2) *capsulare presurizată* (simbol *p*), care constă în închiderea părților capabile să amorseze explozia într-o carcasă în care sînt spălate în permanență de un gaz de protecție (sau aer curat) sub presiune, care nu permite pătrunderea amestecului exploziv în interior; 3) *siguranță intrinsecă* (simbol *i*), la care prin metode adecvate (conectarea de rezistențe de descărcare în paralel cu inductivitățile, limitarea tensiunilor cu ajutorul diodelor Zener etc.) se micșorează energia scînteilor încît să nu fie capabile să amorseze explozia; 4) *înglobare în nisip* (simbol *q*), care constă în izolarea de mediul ambiant prin introducerea carcasei (cu grad minim de protecție IP 54) în nisip de cuarț; 5) *imersiune în ulei* (simbol *o*), la care părțile componente ale echipamentului (cu minim IP 54) care pot produce arcuri, scîntei sau se supraîncălzesc, se cufundă în ulei pînă la o astfel de adîncime încît amestecul exploziv de la suprafața băii să nu se poată aprinde; 6) *siguranță mărită* (simbol *e*), la care părțile componente ale utilajului sînt astfel dimensionate și construite, încît producerea de scîntei, arcuri electrice sau temperaturi periculoase să fie improbabilă, de ex., prin asigurarea unor distanțe minime de conturnare și străpungere (distanță suficientă între borne și între acestea și carcasa echipamentului), utilizarea siguranțelor la înbinările cu șuruburi, printr-o calitate superioară a izolației și contactelor etc.; 7) *protecție specială* (simbol *s*), la care se iau măsuri diferite de cele clasificate anterior, de ex., introducerea aparatelor în carcase ermetice sau încorporarea lor în mase izolante, încît să fie exclus contactul cu amestecul exploziv. Echipamentul din grupa II se împarte în 3 subgrupe de explozie, A, B, C, în funcție de compoziția chimică a gazelor și în 6 clase de temperatură (T1-450°C, T6-85°C), în funcție de temperatura maximă admisă la suprafața echipamentului (de ex. A, T1-acetonă, metan, propan; A.T3 — țiței; A.T4 — eter etilic; C.T1 — hidrogen; C.T2 — acetilenă). Exemplu de simbolizare a **p.a.**: Ex d II A T3 — **p.a.** cu capsulare antideflagrantă, subgrupa A de explo-

zie, clasa 3 de temperatură (temperatura maximă de 200°C).

protecție antigrizutoasă → protecție antiexplozivă.

protecție catodică → coroziune electrolitică.

protecție climatică, totalitate a măsurilor de protecție a echipamentului electric contra influenței diferiților factori climatici ai mediului ambiant: temperaturi foarte scăzute sau foarte ridicate, umiditate excesivă, radiații etc. Se are în vedere, de asemenea, influența prafului și a unor organisme vegetale sau animale (de ex., mucegaiul). La stabilirea p.e. mediul ambiant se clasifică în domenii de climă, utilizîndu-se simbolurile: T — *tropicus* = cald; A — *aridus* = uscat, *H* — *humidus* = umed; F — *frigidus* = frig. Se aplică următoarele tipuri de p.e.: TF — pentru zone calde și reci; THA — cald și umed sau cald și uscat; TH — cald și umed; TA — cald și uscat; F — pentru zone reci. Pentru fiecare tip de p.e. există 3 categorii de montaj: I — în aer liber; II — în spații exterioare acoperite (ferite de precipitații); III — în interior. Exemplu de simbolizare a p.e. THA II — pentru zonele cald-umed sau cald-uscat, montaj în exterior, în spații acoperite.

protecție contra curenților de scurgeri → protecția instalațiilor electrice.

protecție contra supratensiunilor → descărcător → protecția instalațiilor electrice.

protecție contra tensiunilor accidentale, ansamblu de măsuri, instalații și dispozitive aplicate pentru evitarea electrocutărilor și diminuarea → *efectelor fiziologice ale curentului electric* ce trece prin organismul uman sau al animalelor domestice care ajung în atingere cu elemente ale instalațiilor electrice aflate, în mod normal (atingeri directe) sau accidental (atingeri indirecte), sub tensiune. *Atingerile directe* se referă la atingerea părților conductoare aflate sub tensiune, a elementelor scoase de sub tensiunea normală, dar rămase încărcate cu sarcini electrice capacitive, a elementelor deconectate, dar rămase sub → *influență electrostatică* sau *electromagnetică*. *Atingerile indirecte* se referă la atingerea elementelor instalațiilor electrice care, în mod normal nu sînt sub tensiune (stilpi, carcase metalice, îngrădiri), dar care intră sub tensiune datorită unui defect (deteriorare a izolației, rupere sau desprindere de conductoare, conturnare, descărcare electrică etc.), a elementelor altor categorii de instalații, intrate sub tensiune datorită unor influențe electromagnetice sau electrostatice (de ex., conducte lungi de apă sau gaze aflate în apropierea unei linii de contact monofazate sau a unei linii trifazate în regim de dezechilibru etc.), a punctelor de pe sol aflate la potențiale diferite ca urmare a scurgerii prin pămînt a unui curent normal (cazul prizelor de pămînt de exploatare sau a șinelor de cale ferată electrificată), sau în regim de avarie, la deteriorarea izolației (→ *tensiune de atingere*, → *tensiune de pas*). Măsurile ce se iau pentru evitarea accidentelor prin atingere directă sînt: utilizarea unor tensiuni de alimentare cît mai reduse, în special, pentru scule electrice portative și corpuri de iluminat local (12 V pentru locuri foarte periculoase și 24 V pentru locuri periculoase pentru corpuri de iluminat portative); construirea instalațiilor și echipamentelor în așa fel încît elementele conductoare să fie inaccesibile atingerii întîmplătoare; folosirea unor pardoseli izolante sau acoperirea solului cu materiale izolante; limitarea influențelor electrostatice și electromagnetice asupra instalațiilor deconectate, prin legare la pămînt; izolarea de protecție, în special, la sculele electrice portative; executarea lucrărilor la instalațiile electrice în exploatare numai după scoaterea de sub tensiune, controlul

lipsei tensiunii, scurtcircuitarea fazelor și legarea la pămînt, îngrădirea și avertizarea de protecție; utilizarea mijloacelor individuale de protecție (mănuși, galoși, cizme izolante) de către persoanele care deservesc instalațiile electrice. Măsurile și mijloacele folosite pentru evitarea accidentelor prin atingere indirectă sînt: 1) *Protecția prin legare la pămînt.* Legarea la pămînt a carcaselor metalice ale echipamentelor electrice, care, în mod normal, nu sînt sub tensiune, dar pot fi puse sub tensiune în mod accidental, printr-un defect de izolație, are ca efect micșorarea → *tensiunii de atingere* la valori admisibile (24...65 V), $U_a = I_{sc} R_p$, I_{sc} fiind curentul de defect (scurtcircuit), R_p — rezistența prizei de pămînt. Metoda se aplică, cu bune rezultate, în special, la rețelele cu neutrul izolat (de ex., în subteran); la rețelele cu neutrul legat la pămînt, constituie, de regulă, o metodă de protecție suplimentară, care completează protecția prin legare la nul în locurile periculoase și foarte periculoase, căci la aceste rețele, tensiunea de atingere este $U_a = U_f R_p/(R_p + R_0)$, U_f fiind tensiunea de fază, R_0 — rezistența → *prizei de pămînt* de exploatare (fig. 210). Dacă $R_p = R_0 = 4\ \Omega$, $U_a = U_f/2$ și protecția este ineficientă dacă curentul de defect nu determină

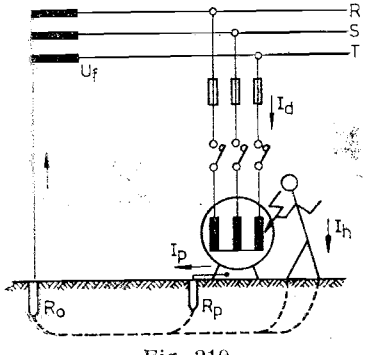


Fig. 210

acționarea întreruptoarelor automate sau topirea siguranțelor fuzibile. 2) *Protecția prin legare la nul* se poate aplica numai la rețelele cu neutrul sursei de alimentare legat direct la o priză de pămînt de exploatare. În cazul unui defect de izolație, prin carcasele echipamentelor legate la nul se produce un scurtcircuit, care trebuie să determine declanșarea întreruptoarelor automate sau topirea fuzibilului care protejează sectorul defect (fig. 211), deconectarea făcîndu-se într-un timp mai scurt decît

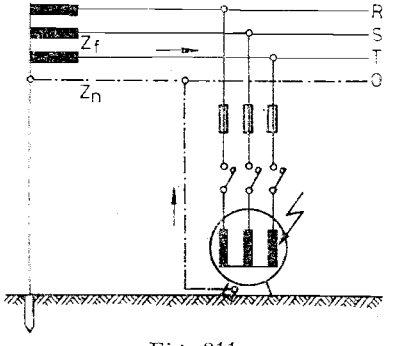


Fig. 211

0,2 s. Curentul de scurtcircuit, calculat cu relația $\underline{I}_{sc} = \underline{U}_f/(\underline{Z}_f + \underline{Z}_n)$, Z_f — impedanța conductei fazei defecte, de la sursă pînă la locul defectului, Z_n — impedanța conductorului de nul de protecție, trebuie să fie de cel puțin 3,5 ori curentul nominal al fuzibilului (în cazul siguranțelor cu mare putere de rupere de 5 ori) și de cel puțin 1,25 ori curentul de declanșare rapidă a întreruptorului automat de protecție al echipamentului respectiv. Pentru evitarea situației de rămînere fără protecție, în cazul întreruperii conductorului de nul, instalația de nul de protecție trebuie să aibă legături repetate la priza de pămînt, de regulă la tablourile de distribuție care alimentează receptoarele prin circuite individuale. La

receptoarele monofazate, începînd de la tabloul la care conductorul de nul este legat la priza de pămînt, conductorul de nul de protecție trebuie să fie diferit de conductorul de nul de lucru (la receptoarele alimentate prin prize monofazate, nulul de protecție, executat din cupru, se leagă la contactul de protecție al prizei). Pe conductorul de nul de protecție se interzice amplasarea siguranțelor fuzibile. De asemenea, pentru a nu se transmite utilajelor protejate prin legare la nul tensiunea de atingere a prizei de pămînt de exploatare, se interzice legarea la nul a utilajelor alimentate dintr-o rețea la care se aplică protecția prin legare la pămînt, dacă aceasta nu este completată și cu legarea la nul. Protecția prin legare la nul nu se poate aplica în rețelele cu tensiuni de lucru mai mari de 1000 V. 3) *Protecția prin deconectare automată la curent de defect* (PACD), realizată pe principiul → *protecției diferențiale* (pentru rețele cu neutrul izolat sau legat la pămînt) sau pe principiul → *protecției de curent omopolar* (la rețelele cu neutrul izolat, de ex., în subteran). Apariția unui curent de defect (de scurgere prin izolația defectă) determină stabilirea unei componente omopolare în secundarele unor transformatoare de curent speciale (cu 3 înfășurări primare, parcurse de curenții celor 3 faze), care acționează un releu de curent de protecție. Se poate utiliza și montajul Holmgreen, cu 3 transformatoare de curent montate în paralel în secundar (fig. 212, *a*), sau cu un

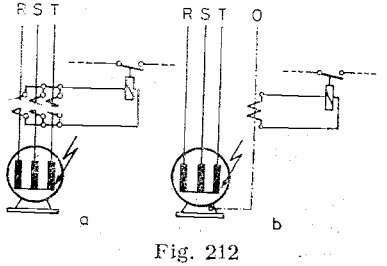


Fig. 212

singur transformator de curent, montat pe conductorul de nul (fig. 212, *b*), schemă care nu este suficient de sigură în cazul în care curentul de defect are și alte căi de scurgere decît conductorul de nul. 4) *Protecția prin deconectare automată la tensiune de atingere* periculoasă (PATA) se poate aplica atît în rețelele cu neutrul izolat, cît și în cele cu neutrul legat la pămînt. Se utilizează un releu de tensiune, a cărui bobină este legată între carcasa echipamentului protejat și pămînt, prin intermediul unei prize de pămînt auxiliare (fig. 213). La apariția unei tensiuni de atingere periculoase, releul comandă declanșarea

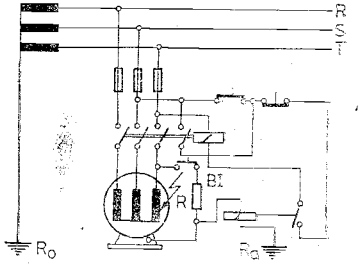


Fig. 213

întreruptorului automat sau a contactorului receptorului. Încercarea protecției se face cu butonul *BI*, prin care se transmite carcasei tensiunea unei faze, prin rezistența *R*. Acest tip de protecție este tot mai puțin folosit, din cauza numeroaselor dezavantaje, dintre care cel mai important este posibilitatea șuntării bobinei releului de protecție, ceea ce face ca acesta să nu mai declanșeze la valorile maxime admise ale tensiunii de atingere. 5) *Dirijarea repartiției potențialelor* la suprafața solului, în scopul micșorării tensiunilor de atingere și de pas pînă la valori admisibile. Se utilizează electrozi suplimentari la priza de pămînt (fig. 214), care servesc la liniarizarea repartiției potențialului în jurul prizei

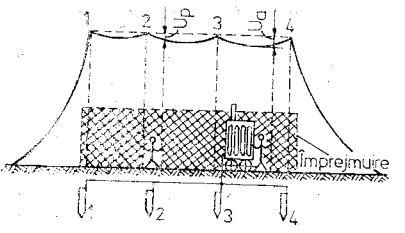


Fig. 214

(de ex., în exploatările petroliere, unde la priza de pămînt se leagă, adesea, un singur utilaj). 6) *Egalizarea potențialelor* se aplică în locurile unde între diferite utilaje sau elemente de construcție în legătură cu pămîntul ar putea apărea diferențe de potențial periculoase. Între aceste utilaje se face o legătură conductoare, de rezistență mică, care se leagă și la instalația de pămîntare, încît în caz de defect, tensiunile de atingere să fie inferioare valorilor admisibile (de ex., între utilajele dintr-o hală și construcția metalică a halei; între conductele metalice de apă, gaz, încălzire și cutia de racord a branșamentului în clădirile de locuit, cu șuntarea contoarelor de apă, care nu asigură continuitatea electrică). 7) *Utilizarea tensiunilor reduse* la alimentarea receptoarelor utilajelor portative, în locuri periculoase și foarte periculoase (maximum 42 V în curent alternativ). Este eficientă numai la receptoare de putere mică. 8) *Separarea de protecție* și *izolarea suplimentară de protecție*. Separarea constă în alimentarea unui singur receptor de la un transformator (mai rar grup motor-generator) în scopul obținerii unei rețele izolate față de pămînt, astfel că, în caz de defect, nu apare tensiune între carcasa utilajului și pămînt. Nu se admite alimentarea mai multor receptoare de la același transformator de separare, pentru a se evita situația, deosebit de periculoasă, cînd la un utilaj apare defect de izolație la o fază, iar la altul, la altă fază. Se limitează și lungimea rețelei, pentru micșorarea curenților capacitivi, care, la o atingere, s-ar închide și prin corpul persoanei respective. La alimentarea utilajelor portative, separarea de protecție trebuie completată cu izolarea suplimentară de protecție a acestora. Izolarea suplimentară se aplică și ca mijloc suplimentar la protecția prin legare la pămînt sau la nul, în condiții precizate de norme și constă în acoperirea pardoselii cu materiale izolante (cauciuc, mase plastice etc.), sau izolarea părților metalice ale utilajelor accesibile atingerii.

protecție cu secționare de curent → **protecția instalațiilor electrice.**

protecție cu siguranță intrinsecă → **protecție antiexplozivă.**

protecție cu siguranță mărită → **protecție antiexplozivă.**

protecție de curent omopolar → **protecția instalațiilor electrice.**

protecție de distanță → **protecția instalațiilor electrice.**

protecție de gaze → **protecția transformatoarelor,** → **releu de gaze.**

protecție de tensiune minimă → **protecția motoarelor.**

protecție diferențială → **protecția instalațiilor electrice.**

protecție exterioară → **grade de protecție.**

protecție maximală de curent → **protecția instalațiilor electrice.**

protecție presurizată → **protecție antiexplozivă.**

protecție prin legare la nul → **protecție contra tensiunilor accidentale.**

protecție prin legare la pămînt → **protecție contra tensiunilor accidentale.**

protecție prin relee → **protecția instalațiilor electrice.**

protecție prin siguranțe fuzibile → **siguranțe fuzibile.**

protecție termică → **protecția motoarelor.**

protecție tropicalizată → **protecție climatică.**

pulsație, ω, numărul de perioade efectuate de o mărime periodic variabilă în timp (curent, tensiune etc.), în 2π unități de timp. $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$, f — frecvența, T — perioada.

punct Curie, temperatură la care materialele feromagnetice devin nemagnetice (paramagnetice). La oțel, p.C. este cuprins între 740...770°C, la fier, 768°C, nichel — 360°C, cobalt — 1075°C.

punct de alimentare, loc în care se injectează energie electrică într-o rețea; static de conexiuni, în cazul rețelelor de înaltă tensiune; post de transformare, în rețelele de joasă tensiune; cofret, în cazul abonaților; punctul de legătură între cablul de alimentare și firul de contact, în cazul tracțiunii electrice etc.

punct de funcționare, punctul de pe o caracteristică de funcționare a unei mașini electrice, în care are loc funcționarea staționară la anumiți parametri de exploatare (curent, cuplu, putere, viteză unghiulară etc.).

punct neutru, nod format prin legarea în stea sau zig-zag a fazelor unui sistem polifazat (în particular, trifazat). *P.n. natural* rezultă prin legarea în stea sau zig-zag a fazelor generatoarelor, transformatoarelor și receptoarelor. *P.n. artificial* se obține, atunci cînd transformatoarele sînt legate în triunghi, prin intermediul unui transformator de putere mică cu secundarul legat în stea, sau cu ajutorul unor rezistoare, bobine sau condensatoare legate în stea. Se utilizează, de ex., la unele metode de măsurare a puterii sau energiei electrice. La un sistem trifazat simetric, încărcat echilibrat, tensiunea **p.n.** față de pămînt este egală cu zero. La sistemele dezechilibrate, apare o tensiune între **p.n.** și pămînt *(→ deplasarea neutrului)*. La rețelele de joasă tensiune, **p.n.** este legat la un conductor numit *conductor neutru*, pentru alimentarea receptoarelor monofazate (conectate între o fază și conductorul neutru). Dacă conductorul neutru este legat la pămînt, se numește → *nul*. În rețelele de înaltă tensiune, → *tratarea neutrului* se face în mai multe moduri.

punere la corp, punere la masă.

punere la masă, atingere a unui element aflat sub tensiune (bornă, conductor), de partea metalică a echipamentului (carcasă, cuvă), în cazul unui defect de izolație. Sin. *punere la corp.*

punere la pămînt, defect în funcționarea unei rețele electrice, ce constă în stabilirea accidentală a unei legături conductoare, în general, de rezistență mică, între conductoarele aflate sub tensiune și pămînt. **P.la p.** se pot produce prin străpungerea izolației, conturnarea izolatorilor, ruperea conductoarelor liniilor aeriene etc. și pot fi directe *(metalice)* sau *prin arc*. După numărul fazelor puse la pămînt, se deosebesc **p.la p.** monofazate, bifazate sau trifazate. *P.la p. monofazate*, în rețelele cu neutrul legat la pămînt, precum și cele *bifazate* și *trifazate*, sînt → *scurtcircuite*. **P.la p.** monofazate, în rețelele cu neutrul izolat (de ex., în rețelele de înaltă tensiune sub 110 kV) dezechilibrează sistemul curenților și tensiunilor, studiul lor făcîndu-se cu metodele → *componentelor simetrice*.

punte, piesă de legătură între două sau mai multe borne, între plăcile de aceeași polaritate ale unui acumulator sau pilă, între bornele unei mașini electrice, de ex., pentru legarea în stea sau triunghi la mașinile trifazate sau legarea înfășurărilor de excitație la mașinile de curent continuu, între bornele unui șir de cleme sau conector etc. Sin. *punte de legătură.*

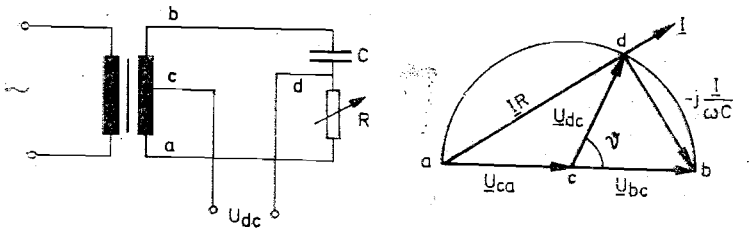


Fig. 215

punte defazoare, circuit de curent alternativ de forma unui patrulater, în brațele căruia se află rezistoare, bobine sau condensatoare, tensiunea de intrare, aplicată pe una din diagonale, fiind defazată față de tensiunea de ieșire, de pe cealaltă diagonală, cu un unghi determinat, de obicei reglabil prin modificarea impedanței uneia din laturi. Se utilizează la comanda prin întîrziere la aprindere a ventilelor ionice (tiratroane, ignitroane) sau electronice de putere (tiristoare). Cea mai răspîndită **p.d.** constă dintr-un transformator, în al cărui secundar, cu priză mediană, este conectat un condensator și o rezistență reglabilă (fig. 215). Prin modificarea valorii rezistenței, unghiul de defazaj dintre tensiunea de intrare U_{ab} și de ieșire U_{cd} se poate modifica, practic, între 0 și 160°, după cum rezultă din diagrama fazorială din fig. 215, construită pentru funcționarea în gol. În sarcină, tensiunea de ieșire nu mai este constantă. La comanda tiristoarelor, în locul **p.d.** se aplică, tot mai mult, circuite electronice *(→ comandă pe grilă)*.

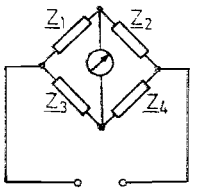


Fig. 216

punte de legătură, punte.

punte de măsură, circuit de curent continuu sau alternativ de formă inelară (fig. 216), cu 4 elemente, constînd din rezistoare, bobine, condensatoare, folosit la măsurarea rezistențelor, inductivităților, capacităților, factorului de calitate, factorului de pierderi, frecvențelor etc. cu ajutorul unui indicator de nul conectat într-una din diagonale. 1) *Puntea de curent continuu* se alimentează de la o sursă de curent continuu (pilă sau acumulator) și are ca dispozitiv de măsură instrumente magnetoelectrice (miliampermetre, microampermetre) în **p.de m.** industriale și galvanometre, în cele de laborator. *a) Puntea simplă (Wheatstone)* conține 4 rezistențe: R_1, R_2, R_x (rezistența de măsurat) și R_3 (rezistența de comparație) și se folosește la măsurarea rezistențelor cu valori cuprinse între 1 Ω și 1 MΩ. La echilibru (fig. 217) este

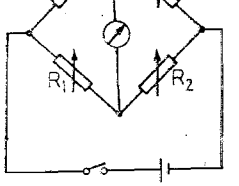


Fig. 217

valabilă relația $R_x = R_3R_1/R_2$ (curentul prin diagonala punții egal cu zero). *P.de m. cu fir* are cele două rezistențe R_1 și R_2 formate dintr-un fir calibrat, pe care se poate deplasa un cursor (fig. 218). Prin măsurarea deplasării cursorului l, în sutimi din lungimea totală a firului, se poate citi direct valoarea rezistenței necunoscute $R_x = R_N l/(100 - l)$. **P.de m.** simplă nu se pretează la măsurarea rezistențelor mici din cauza rezistențelor parazite (fire de legătură, contacte) care se înseriază cu R_x. *b) Puntea dublă (Thomson-Kelvin)* servește la măsurarea rezistențelor mici (între 1 Ω și 10^{-6}Ω). Se compară căderea de tensiune pe o rezistență cunoscută R_N cu cea de pe rezistența de măsurat R_x (fig. 219). Cele două rezistențe fiind

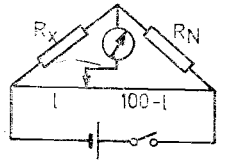


Fig. 218

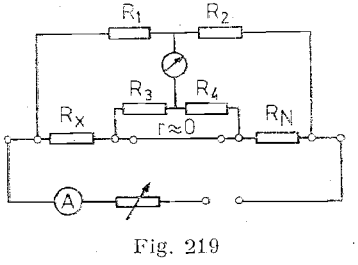


Fig. 219

de valori mici, sînt prevăzute cu 4 borne, prin bornele de tensiune fiind legate în punte, iar prin cele de curent în circuitul de alimentare. Celelalte rezistențe (de precizie) $R_1 \ldots R_4$ sînt mai mari de 10 Ω, încît rezistențele parazite serie nu contează. Dacă se asigură condiția $R_1/R_2 = R_3/R_4$, rezistența necunoscută este dată de relația $R_x = R_N R_1/R_2$. Pentru a avea o cădere de tensiune suficientă pe R_x (în scopul măririi sensibilității), curentul prin ea trebuie să aibă valoare mare, reglarea sa făcîndu-se cu un rezistor înseriat cu sursa de alimentare, iar măsurarea, cu un ampermetru. 2) *Puntea de curent alternativ* are ca sursă de alimentare un generator de tensiune sinusoidală (oscilatoare sau generatoare electronice) sau nesinusoidală în cazul **p.de m.**, destul de numeroase, la care echilibrarea se face independent de frecvență. Indicatoarele de nul sînt aparate electronice acordate pe frecvența de lucru a **p.de m.**, galvanometre de vibrații, iar la audiofrecvențe, căști telefonice, la care sensibilitatea maximă de audiție este la 1000 Hz. Dacă între brațele punții (fig. 216) nu sînt cuplaje inductive sau capacitive, condiția de echilibru se scrie, în complex $\underline{Z_1}\underline{Z_4} = \underline{Z_2}\underline{Z_3}$. În domeniu real, ea echivalează cu două condiții, de modul, $Z_1Z_4 = Z_2Z_3$ și de argument. $\varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3$, din care se poate determina modulul și argumentul impedanței necunoscute. Cele două condiții de echilibru necesită două elemente de reglare. De obicei, două din brațele **p.de m.** sînt rezistențe, iar elementele reglabile sînt condensatoare etalon, mai precise decît inductivitățile etalon, care sînt supuse influenței frecvenței, datorită capacităților dintre spire. Există o mare diversitate de *p.de m. de joasă tensiune* (puntea *Maxwell*, puntea *Hay*, puntea *Owen* etc. pentru inductivități; puntea *Sauty* pentru capacități cu pierderi mici în dielectric; puntea *Nernst* la pierderi mari; puntea *Wien* pentru inductivități și capacități) și *p.de m. de înaltă tensiune* (puntea *Schering* pentru capacități și unghiuri de pierderi la condensatoare de înaltă tensiune; puntea *Kuriyama* pentru reactanțe inductive de înaltă tensiune). 3) *Puntea universală RLC* poate măsura atît *rezistențe* (în curent continuu) cît și *inductivități* sau

capacități (în curent alternativ). Cuprinde o sursă stabilizată (de regulă, de 1 000 Hz), un redresor pentru schema de măsurare în curent continuu, elemente etalon și un indicator de zero electronic. Elementele reglabile sînt etalonate în unitățile mărimilor care se măsoară. Rezistențele se măsoară cu un montaj de punte simplă (fig. 220, *a*), domeniul de

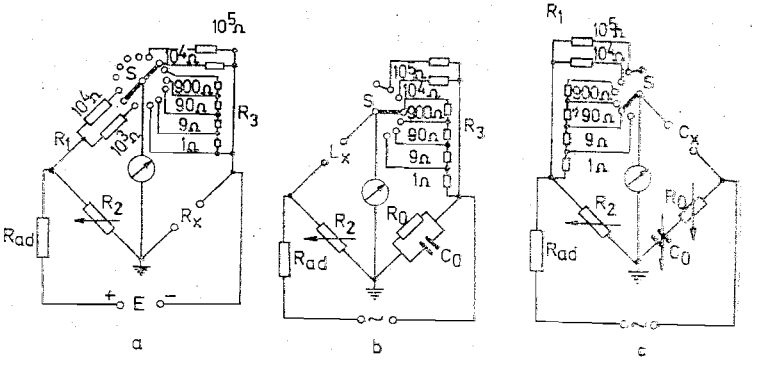


Fig. 220

măsură (între 0,1 Ω și 10^{-6}Ω) fiind modificat cu ajutorul comutatorului *S*. Inductivitățile (între 10^{-6}H și 100 H) se măsoară în curent alternativ, cu un montaj în *punte Maxwell* (fig. 220, *b*). Capacitățile (între 10^{-5} și 100 μF) cu montajul în *punte Sauty* (fig. 220, *c*). Eroarea de măsură a **p.de m.** este de ± 1 %.

pupitru de comandă, instalație în formă de masă, prevăzută cu instrumente de măsură și aparate de comutație, care servește la comanda centralizată a instalațiilor tehnologice. Este deservit de operatori, care pot sta pe scaun, și se întîlnește în camerele de comandă ale centralelor și stațiilor electrice, în centrale telefonice, stații de cale ferată centralizate electrodinamic, întreprinderi industriale etc.

putere activă → **putere electromagnetică.**

putere aparentă → **putere electromagnetică.**

putere cerută, putere de calcul, folosită la dimensionarea instalațiilor electrice, ținîndu-se seama de faptul că nu toate receptoarele funcționează concomitent și nu sînt încărcate la sarcina nominală. **P.c.** este mai mică decît → *puterea instalată*, P_i, și se calculează cu ajutorul → *coeficientului de cerere* k_c; $P_c = k_c P_i$.

putere deformantă → **putere electromagnetică.**

putere de rupere, produsul dintre curentul de rupere al unui întreruptor (→ *capacitate de rupere*) și → *tensiunea de restabilire* (în trifazat, $P_r = \sqrt{3} I_r U_r$, I_r și U_r — mărimi de linie).

putere disponibilă, putere maximă ce poate fi obținută într-o instalație energetică (de ex., centrală electrică), ținîndu-se seama de toate condițiile care pot reduce puterea maximă de durată posibilă (debit de apă sau abur insuficient, folosirea unui combustibil de calitate inferioară, temperatura ambiantă peste valorile normale etc.).

putere electrică, putere electromagnetică.

putere electromagnetică (p), fluxul → *vectorului Poynting* $\bar{S}$ printr-o suprafață închisă Σ, $p = \int_{\Sigma} \bar{S}\, \overline{\mathrm{d}A}$. **P.e.** reprezintă puterea instantanee corespunzătoare energiei electromagnetice transmise prin suprafața considerată, în unitatea de timp. În cazul unui circuit dipolar, **p.e.** instantanee primită are expresia $p = u_b i$, în care u_b este valoarea instantanee a tensiunii la borne și i — valoarea intensității curentului (în cazul generatorului, $p = -u_b i$, în conformitate cu → *asocierea sensurilor pozitive pentru curent și tensiune*). Pentru circuite multipolare, fără cuplaje inductive cu exteriorul, $p = \pm \sum_{k=1}^{n} v_k i_k =$ $= \pm \sum_{k=1}^{n-1} u_{bk} i_k$, în care v_k ($k=1, 2, \ldots n$) reprezintă potențialele celor n borne de acces ale multipolului față de o origine arbitrară, iar u_{bk} — tensiunile celor $n-1$ borne față de borna n (sensul +, la receptor, —, la generator). În cazul unui dipol în regim sinusoidal permanent cu tensiunea la borne $u_b = \sqrt{2}U_b \sin(\omega t + \alpha)$ și curentul $i = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \alpha - \varphi)$, **p.e.** instantanee se poate scrie $p = \pm u_b i = \pm 2U_b I \sin(\omega t + \alpha) \sin(\omega t + \alpha - \varphi) = \pm U_b I[\cos\varphi - \cos(2\omega t + 2\alpha - \varphi)]$. Valoarea medie a **p.e.** pe o perioadă se numește *putere activă*, $P = U_b I \cos\varphi$ (primul termen al ultimei expresii), iar $\cos\varphi$ reprezintă → *factorul de putere al dipolului*. Al doilea termen al **p.e.**, $p_f = \pm U_b I \cos(2\omega t + 2\alpha - \varphi)$ se numește *putere fluctuantă* și are o valoare medie nulă (corespunde unei oscilații de putere între receptor și sursă). Descompunînd expresia **p.e.** instantanee se obține $p = \pm 2U_b I \sin(\omega t + \alpha)[\sin(\omega t + \alpha)\cos\varphi - \cos(\omega t + \alpha)\sin\varphi] = \pm 2U_b I \cos\varphi \sin^2(\omega t + \alpha) \mp U_b I \sin\varphi \sin 2(\omega t + \alpha) = p_{ip} + p_{i0}$; p_{ip} se numește *putere pulsantă* (instantanee), iar p_{i0} — *putere oscilantă* instantanee, a cărei amplitudine $Q = U_b I \sin\varphi$ se numește *putere reactivă*. Puterea reactivă este o mărime de calcul (fictivă), ea nu reprezintă media vreunei componente a puterii instantanee, dar se poate măsura prin defazarea cu 90° a curentului prin bobina de tensiune a aparatului de măsurare a puterii. Mărimea definită prin relația $S = U_b I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ se numește *putere aparentă*. În cazul circuitelor trifazate simetrice și echilibrate cu U_f, I_f, respectiv U_l, I_l tensiunile și curenții de fază, respectiv de linie, $P = 3U_f I_f \cos\varphi = \sqrt{3}\, U_l I_l \cos\varphi$; $Q = 3U_f I_f \sin\varphi = \sqrt{3}\, U_l I_l \sin\varphi$; $S = 3U_f I_f = \sqrt{3}U_l I_l$ (la circuitele legate în stea, $I_f = I_l$, $U_f = U_l/\sqrt{3}$; la cele legate în triunghi, $U_f = U_l$, $I_f = I_l/\sqrt{3}$). În reprezentare complexă, cu $\underline{U}_b = U_b \exp(j\alpha)$; $\underline{I} = I \exp(j\alpha - \varphi)$; $\underline{S} = \underline{U}_b \underline{I}^* = U_b I \exp(j\varphi) = U_b I \cos\varphi + jU_b I \sin\varphi = P + jQ$ ($\underline{I}^*$ fiind mărimea complex conjugată a imaginii curentului). În regim periodic nesinusoidal, în cazul unui dipol monofazat, *puterea activă* primită are expresia $P = \pm \sum_{k=0}^{\infty} U_k I_k \cos\varphi_k$, în care U_k, I_k sînt valorile efective ale armonicilor k de tensiune și curent, iar φ_k, defazajul dintre ele; *puterea reactivă* $Q = \pm \sum_{k=0}^{\infty} U_k I_k \sin\varphi_k$, iar *puterea aparentă* $S = UI = \sqrt{\left(\sum_{k=0}^{\infty} U_k^2\right)\left(\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2\right)}$; $S^2 = U^2 I^2 = (U_1^2 + U_2^2 + \ldots + U_k^2 + U_m^2 + \ldots)(I_1^2 + I_2^2 + \ldots + I_k^2 + I_m^2 + \ldots) = \left(\sum_{k=0}^{\infty} U_k I_k \cos\varphi_k\right)^2 + \left(\sum_{k=0}^{\infty} U_k I_k \sin\varphi_k\right)^2 + \sum_{\substack{k=0 \\ k\neq m}}^{\infty}\sum_{m=0}^{\infty}(U_k^2 I_m^2 + U_m^2 I_k^2 - 2U_k U_m I_k I_m \cos\varphi_k \cos\varphi_m - 2U_k U_m I_k I_m \sin\varphi_k \sin\varphi_m) = P^2 + Q^2 + D^2$. Expresia notată cu D se numește *putere deformantă*. Unitățile de putere sînt: pentru puterea activă și instantanee, *waltul*, W, 1W = 1 J/s; pentru puterea reactivă, *varul*, var (voltamper reactiv); pentru puterea deformantă s-a propus *vadul*, vad (voltamper deformant). Măsurarea puterii: → *wattmetru*, → *varmetru*.

putere fluctuantă → **putere electromagnetică.**

putere instalată, suma puterilor nominale ale receptoarelor unui consumator, înscrise pe plăcuțele indicatoare (→ *date nominale*).

putere instantanee → **putere electromagnetică.**

putere nominală → **date nominale.**

putere oscilantă → **putere electromagnetică.**

putere pulsantă → **putere electromagnetică.**

putere racordată, putere absorbită, de la rețea, de un receptor în condiții normale de funcționare, egală cu raportul dintre puterea instalată și randamentul receptorului, $P_r = P_i/\eta_r$. Cu ajutorul **p.r.** se dimensionează conductele de alimentare a receptorului.

putere reactivă → **putere electromagnetică.**

putere uniorară, putere maximă pe care o poate dezvolta un motor (de ex., motor de tracțiune electrică) în timp de o oră, fără a se depăși limita admisă de încălzire.

putere utilă, putere cedată de un sistem de conversie a energiei (mașină electrică, convertor, mutator etc.). Se obține prin înmulțirea puterii absorbite cu randamentul sistemului considerat.

Q

q, **Q**, simbol pentru → **sarcina electrică**.

q, simbol pentru protecție antiexplozivă prin înglobare în nisip.

Q, simbol pentru cantitatea de căldură.

Q, simbol pentru cantitatea de lumină.

Q, simbol pentru → **puterea reactivă**.

Q, simbol pentru → **factorul de calitate**.

Q-metru, instrument pentru determinarea → *factorului de calitate* a bobinelor de înaltă și joasă frecvență. Bobina de măsurat se introduce într-un circuit oscilant serie, împreună cu un condensator de capacitate $C = 1/\omega^2 L$. Circuitul se alimentează cu o tensiune de valoare efectivă U și de frecvență $f = \omega/2\pi$. Măsurînd tensiunea la bornele condensatorului $U_c = U\omega L/R$ și raportînd-o la U se obține factorul de calitate al bobinei $Q = \omega L/R$. Dacă tensiunea U se menține constantă, voltmetrul care măsoară pe U_c poate fi etalonat direct în mărimea Q. Dacă se cunoaște L sau C și frecvența f, **Q-m.** se poate folosi la determinarea inductivității sau capacității.

R

R, simbol pentru → **radianță**.

R, simbol pentru → **rezistență**.

R, simbol pentru rezistența termică.

R_m, simbol pentru → **reluctanța magnetică**.

ρ, simbol pentru densitatea volumetrică a sarcinii electrice.

ρ, simbol pentru → **rezistivitate**.

racord, **branșament**.

radian, unitate de măsură pentru unghiul plan, egală cu unghiul la centru care subîntinde un arc de lungime egală cu raza cercului.

radianță (R), densitate superficială a fluxului luminos emis de o suprafață. **R.** unei suprafețe într-un punct este egală cu raportul dintre fluxul luminos elementar $d\Phi$ emis de o suprafață elementară dA din jurul acelui punct și suprafața elementară considerată, $R = d\Phi/dA$. **R.** este o mărime analoagă cu → *iluminarea*, cu deosebirea că se referă la suprafețe care emit lumina (cele două mărimi ar fi egale dacă factorul de reflexie al suprafeței ar fi egal cu unitatea). Unitatea de măsură este *lumenul pe* m^2, lm/m^2. Sin. *emitanță*.

radiator 1. (de încălzire). Aparat electric folosit la încălzirea încăperilor cu ajutorul unor rezistoare, amplasate fie în fața unor dispozitive de reflectare a radiațiilor termice *(r.cu reflector parabolic, r. dreptunghiular)*, fie într-un mediu fluid (aer, ulei), care transmite căldura prin convecție, naturală sau forțată, cu ajutorul unui ventilator. **2.** (de răcire). Corp metalic de mare suprafață utilizat la → *răcirea* mașinilor electrice sau dispozitivelor electronice de putere. **R.** pot fi cu circulație *naturală* sau *forțată* a mediului de răcire.

radiator integral, corp care absoarbe în întregime toate radiațiile electromagnetice care cad pe el. **R. i.** nu reflectă și nu difuzează radiațiile incidente, oricare ar fi lungimea lor de undă. Practic, **r.i.** se obține sub forma unui corp cu o cavitate interioară, aflată în legătură cu exteriorul printr-un orificiu de secțiune mică. *R.i. cu platină* este utilizat la reproducerea unității de → *intensitate luminoasă*. Sin. *corp absolut negru*.

radiație electromagnetică, fenomen de propagare a cîmpului electromagnetic sub formă de → *unde electromagnetice*. **R.e.** este produsă de corpuri încărcate cu sarcini electrice aflate în mișcare neuniformă sau de corpuri parcurse de curenți electrici variabili. Există o mare diversitate de **r.e.**, care diferă prin lungimea de undă; radiații gamma, Röntgen, ultraviolete, vizibile, infraroșii, microunde, radio, de joasă frecvență (fig. 221). Ansamblul **r.e.** aranjate în ordinea lungimii de undă formează un *spectru*, care poate să fie *continuu* (ca în cazul radiației termice, produse de corpurile încălzite, condiționate exclusiv de temperatura corpului care radiază), sau *discontinuu* (cu radiații de frecvențe diferite și bine determinate, ca în cazul → *descărcărilor electrice în gaze*, condiționate de excitația electrică a atomilor). **R.e.** care produc senzații vizuale prin intermediul ochiului se numesc *radiații luminoase* și au lungimi de undă cuprinse între 380 nm și 780 nm. În interiorul spectrului

vizibil, fiecărei lungimi de undă îi corespunde o anumită culoare (fig. 221).

radiație luminoasă → **radiație electromagnetică.**

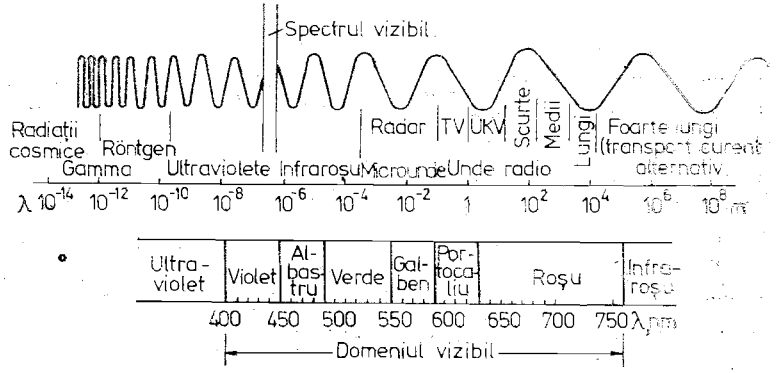


Fig. 221

radiație termică → **transmiterea căldurii.**

radiații infraroșii → **încălzire cu radiații infraroșii.**

radiotehnică, disciplină tehnică care se ocupă cu aplicațiile undelor electromagnetice de înaltă frecvență la transmiterea informațiilor la distanță.

rafinare electrolitică → **electrometalurgie.**

ramă electrică, garnitură de cale ferată compusă din două vagoane motoare acționate electric, între care se poate intercala un număr redus de vagoane-remorci. **R.e.** are, față de trenurile tractate de locomotive electrice, avantajele unei forme aerodinamice, deci a unui consum specific redus de energie electrică, durate reduse de demarare și frînare și posibilitatea deplasării în ambele sensuri.

rampă, porțiune din traseul unei căi ferate pe care locomotivele electrice circulă urcînd (spre deosebire de *pantă*, pe care coboară). Este caracterizată de *declivitate* — diferența de înălțime, în metri, între două puncte aflate la distanța de 1000 m, exprimată în unități la mie, ‰.

randament, η, raportul dintre energia utilă a unui sistem de conversie sau de transmisie a energiei și energia consumată, $\eta = E_u/E_c$. **R.** se poate defini și ca raport între puterea utilă și puterea consumată de acel sistem, $\eta = P_u/P_c$. În conformitate cu primul principiu al termodinamicii, transformările de energie nu se pot produce fără pierderi, deci **r.** nu poate fi decît subunitar (nu se poate realiza un *perpetuum mobile* de speța 1, adică un sistem care să producă încontinuu energie sau lucru mecanic, fără a primi energie din exterior). Diferența dintre energia consumată și energia utilă reprezintă → *pierderile de energie*, iar diferența dintre puterea consumată și puterea utilă, pierderile de putere (→ *pierderi electrice*, → *pierderi mecanice*, → *pierderi termice*). La conversia electromecanică a energiei prin intermediul mașinilor electrice, este convenabil să se exprime **r.** în funcție de pierderile totale Σp și de puterea electrică, care se măsoară mai ușor. La un generator, puterea electrică fiind o putere utilă cedată pe la borne, **r.** se calculează cu relația $\eta = UI/(UI + \Sigma p)$, în curent continuu, U — tensiunea la borne, I — curentul generatorului și $\eta = mU_f I_f \cos\varphi/(mU_f I_f \cos\varphi + \Sigma p)$, în curent alternativ, m — numărul de faze, U_f, I_f — mărimi de fază, φ — defazajul dintre curent și tensiune. **R.** nominale (→ *date nominale*) pentru generatoare: de curent continuu 0,75...0,95; sincrone 0,85...0,97 (valorile mai mari pentru puteri nominale mai mari). La un motor puterea electrică este putere consumată, $\eta = (UI - \Sigma p)/UI$ în curent continuu și $\eta = (mU_f I_f \cos\varphi - \Sigma p)/(mU_f I_f \cos\varphi)$. Valori uzuale ale **r.** nominale pentru motoare: de curent continuu 0,75...0,95; asincrone cu rotor în scurtcircuit 0,76...0,97; asincrone cu rotor bobinat 0,74...0,95; sincrone 0,9...0,97. La transformatoare, puterea utilă și cea consumată sînt puteri electrice; puterea nominală referindu-se la secundar (indicele 2), **r.** se scrie $\eta = mU_{f2} I_{f2} \cos\varphi_2/(mU_{f2} I_{f2} \cos\varphi_2 + \Sigma p)$. Spre deosebire de mașinile electrice rotative, pierderile totale nu cuprind și pierderi mecanice, astfel încît **r.** nominal al transformatoarelor foarte mari (sute de MVA) poate atinge valoarea 0,99. **R.** mașinilor electrice crește cu creșterea sarcinii, pînă la o valoare maximă, corespunzătoare sarcinii la care pierderile variabile (dependente de patratul curentului de sarcină, cum sînt pierderile în cupru) devin egale cu pierderile constante (independente de sarcină, cum sînt pierderile în fier și pierderile mecanice). Peste această sarcină, **r.** scade din nou. *Măsurarea* **r.** mașinilor electrice se poate face prin *metode directe*, măsurînd puterea utilă și puterea consumată (în special la mașini mici) și prin *metode indirecte*, la care se determină pierderile totale. Măsurarea puterii mecanice la arbore se poate face: a) cu generatorul de frînă de curent continuu cu stator basculant sau cu frîne de diferite tipuri (în cazul motoarelor), prin măsurarea forței care echilibrează statorul mobil, cu ajutorul balanței sau dinamometrului, a brațului său față de axa de rotație și a turației motorului ($M = Fd$, $\omega = \pi n/30$, $P = \omega M$, M — cuplul, n — turația, F — forța, d — brațul forței); b) cu ajutorul cuplajelor de torsiune, prevăzute cu timbre tensometrice rezistive și tensometrelor electronice. Dintre metodele indirecte, *metoda opoziției*, aplicabilă atunci cînd există două mașini identice, permite determinarea **r.** la sarcina nominală, fără a absorbi de la rețea decît puterea de pierderi corespunzătoare celor două mașini, cuplate mecanic și legate, electric, în opoziție, una funcționînd ca motor, cealaltă ca generator. Această metodă, cu recuperare de energie, este deosebit de importantă în cazul mașinilor mari. La cuptoare electrice se definește *r. electric*, ca raport între energia electrică transformată în căldură în interiorul cuptorului și energia consumată, și *r. termic*, ca raport între căldura utilă, preluată de încărcătura cuptorului și căldura produsă în cuptor prin transformarea energiei electrice. *R. total* al cuptorului este produsul dintre **r.** electric η_e și cel termic η_t, $\eta = \eta_e \eta_t$. La cuptoarele industriale de topire de diferite tipuri, $\eta_e = 0{,}6...0{,}96$, $\eta_t = 0{,}64...0{,}85$. La surse electrice de lumină se definesc mai multe **r.**, în funcție de puterile luate în considerare (*r. în radiație totală*, *r. în radiație vizibilă*, *r. luminos*, *r. optic*). La acumulatoare se definește: *r. în energie*, ca raport între energia electrică furnizată la descărcare și energia electrică consumată la încărcare (valori uzuale 0,65...0,75) și → *randament în sarcină electrică*. La sistemele în care fluxul de energie trece prin mai multe transformări se definește *r. global* (general) egal cu produsul **r.** fiecărei transformări. De ex., la o centrală hidroelectrică **r.** global ține sea-

ma de pierderile hidrodinamice de la captare pînă la evacuarea apei (**r.** corespunzător η_h), de pierderile în turbina hidraulică (**r.** $-\eta_m$), de pierderile în generatorul sincron și în transformatorul ridicător (**r.** $-\eta_e$) și de factorul de consum de energie electrică pentru servicii proprii k_e, $\eta = \eta_h\eta_m\eta_e(1-k_l)$. **Într a c ț i u n e a e l e c t r i c ă**, **r.** global se obține pe baza **r.** centralei electrice η_c, al liniei electrice de transport η_{le}, al substației de trac ț iune η_s, al liniei de contact η_{lc} și al locomotivei η_l, $\eta = \eta_c\eta_{le}\eta_s\eta_{lc}\eta_l$.

randament în sarcină electrică, randament definit în procesele electrochimice. La un **a c u m u l a t o r**, este egal cu raportul dintre sarcina electrică $\int i_d\,dt$ transportată de curentul de descărcare i_d și sarcina electrică $\int i_i\,dt$ transportată la încărcare de curentul de încărcare i_i. Pentru acumulatoarele uzuale, valori de 0,85...0,90. La o **i n s t a l a ț i e d e e l e c t r o l i z ă**, **r. în s.e.** (randamentul în curent) este raportul dintre sarcina electrică teoretic necesară (calculată cu → *legea electrolizei*) și sarcina electrică reală transportată prin baia de electroliză pentru separarea la catod a unei anumite cantități de substanță.

raport de transformare, raport dintre numărul de spire al înfășurării primare și numărul de spire al înfășurării secundare ale unui transformator, egal cu raportul dintre tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea primară și cea indusă în înfășurarea secundară, $k = N_1/N_2 = u_{e1}/u_{e2}$. **R.de t.** se determină, aproximativ, prin măsurarea tensiunilor la bornele primare și secundare ale transformatorului la mers în gol, $k \cong U_{10}/U_{20}$. Diferența față de valoarea exactă a **r.de t.** provine prin neglijarea căderilor de tensiune pe rezistența și reactanța înfășurării primare, care la mers în gol are valori mici, datorită valorii reduse a curentului de mers în gol (→ *transformator*). În regim de scurtcircuit, la care curentul de mers în gol se poate neglija în ecuația amperspirelor, **r.de t.** dă raportul dintre curentul din secundar și din primar (proprietate folosită la transformatoarele de curent de măsură), $k = I_2/I_1$.

raționalizarea sistemului de unități, procedeu de eliminare a coeficienților numerici (de ex., 4π) din legile generale ale electromagnetismului, pentru simplificarea calculelor, prin modificarea coeficienților numerici care apar în relațiile de definiție a unor mărimi fizice, de regulă constante de materiale. De ex., unitățile de măsură pentru permitivitatea ε și permeabilitatea magnetică μ într-un sistem neraționalizat sînt de 4π ori mai mici decît în sistemele raționalizate; deci valorile lor sînt de 4π ori mai mari. Astfel, legea circuitului magnetic se scrie, în neraționalizat, $\oint \overline{H}\overline{dl} = 4\pi NI$, iar în raționalizat, $\oint \overline{H}\,\overline{dl} = NI$. Factorul 4π apare, în schimb, la sistemele raționalizate, în relațiile de definiție a constantelor universale (de ex., în → *teorema lui Coulomb* sau în expresia forței electrodinamice). Sistemul internațional de unități de măsură SI este *raționalizat* (→ *sisteme de unități*).

RAR, reanclanșare automată rapidă.

RAS, reconectarea automată a sarcinii.

răcire, evacuarea căldurii corespunzătoare pierderilor de energie produse în echipamentele electrice și cedarea sa mediului ambiant sau unui mediu de răcire gazos (aer, hidrogen, azot) sau lichid (apă, ulei, gaze lichefiate). Prin **r.** se evită ridicarea temperaturii peste valoarea admisibilă (→ *încălzire*). La **m a ș i n i l e e l e c t r i c e** se aplică următoarele moduri de **r.** (ventilație): 1) *R. naturală*, cînd nu există dispozitive speciale de ventilație, aplicabilă numai la puteri mici. 2) *R. prin ventilație proprie* (autoventilație), cu ajutorul unui ventilator aflat pe arborele mașinii, care antrenează aerul ce preia căldura de pe părțile active, unde se produc pierderile (înfășurări și circuite magnetice). 3) *R. prin ventilație exterioară*, la care suprafața exterioară a mașinii este ventilată de către un ventilator fixat în afara capacelor laterale care poartă lagărele (de ex., la mașinile închise, care lucrează în medii cu gaze explozive sau care prezintă pericol pentru izolație). 4) *R. separată* cu circulație forțată a mediului de răcire, în circuit deschis sau închis, prin intermediul unui ventilator sau al unei pompe situate în afara mașinii. La *r. în circuit deschis*, folosită la mașini cu puteri pînă la 3 MW, se absoarbe aer din exteriorul mașinii, prin filtre speciale, care reține impuritățile, iar aerul cald este evacuat în mediul ambiant. La *r. în circuit închis*, prin mașină circulă același aer, care în exterior este răcit pînă la 30...40°C într-un răcitor cu țevi, prin care circulă apa. La puteri peste 150 MW, în circuitul închis de **r.** circulă hidrogen, care are o densitate de 10 ori mai mică decît a aerului, deci pierderile prin ventilație și prin frecare cu părțile mobile sînt mai mici (cu cca 1%), o capacitate calorică de 14 ori mai mare și o conductivitate termică de 6,7 ori mai mare decît a aerului. La puteri peste 500 MW se aplică **r.** cu ulei sau apă distilată, care circulă prin canalele din interiorul conductoarelor (*r. directă*). La **t r a n s f o r m a t o a r e**, **r.** poate fi *naturală*, cînd suprafața exterioară este răcită liber (simbol *L*) de aerul din mediul ambiant sau *forțată* cînd cuva este răcită prin suflare cu aer (simbol *S*), cu ajutorul unor ventilatoare. Circulația uleiului în interiorul transformatorului poate fi *naturală* (simbol *N*), sau *forțată* (simbol *F*), la puteri mari (peste 50 MVA). La puteri de ordinul sutelor de MVA, uleiul de **r.**, circulat cu ajutorul pompelor, este răcit cu răcitoare exterioare cu apă (simbol *A*), care consumă cca. 45 l/h pentru fiecare kW putere de pierderi. Uleiul, ca mediu de **r.**, are o conductivitate termică superioară aerului, ceea ce intensifică procesul de **r.**, iar datorită capacității calorice mai mari, asigură o supraîncărcabilitate mai mare a transformatoarelor cu ulei față de cele uscate. La **d i s p o z i t i v e l e s e m i c o n d u c t o a r e d e p u t e r e** se folosesc ca medii de **r.** aerul, apa sau uleiul. Pentru mărirea suprafeței de cedare a căldurii prin convecție, ventilele se fixează pe → *radiatoare*. Cele mai importante moduri de **r.** sînt: 1) *R. naturală*, în aer, la care căldura este cedată mediului ambiant prin convecție naturală și radiație. 2) *R. forțată*, la care circulația aerului este dată de ventilatoare. 3) *R. cu apă*, aplicată, de regulă, la ventilele sub formă de disc, care au ambele fețe în contact cu mediul de **r.**

Răduleț, Remus (1904—1984), inginer electromecanic român. Profesor universitar la Timișoara și București, membru al Academiei R. S. România. Îndelungată activitate didactică. A polarizat activitatea științifică din domeniul electrotehnicii, creînd o adevărată școală de electrotehnică în România. Lucrările sale științifice (peste 200) abordează teoria și filozofia științei (teoria mărimilor și unităților de măsură, principiul filozofic al cauzalității, cîmpul electromagnetic) precum și practica industrială (mașinile și aparatele electrice, cuptoarele de inducție, liniile și rețelele electrice, circuitele electrice cu parametri de regim tranzitoriu, energetica). Teoria mărimilor electromagnetice (mărimile primitive și raționalizarea sistemului de unități de măsură) a constituit o preocupare permanentă. Fenomenele electromagnetice variabile în corpuri masive cercetate au numeroase aplicații practice (încălzirea prin inducție, motoare asin-

crone cu rotor în scurtcircuit sau cu rotor masiv etc.). Lucrările sale de sinteză şi generalizare, lexicoanele (coordonator şi autor principal al „Lexiconului tehnic român (1949—1955), (1956—1968)), manualele didactice, sînt materiale de referinţă. A coordonat problemele de energetică şi de electrificare a ţării. Vicepreşedinte (1961—1964) şi preşedinte (1964—1967) al Comisiei Electrotehnice Internaţionale (IEC), preşedinte al Comitetului nr. 1 al acestei Comisii (pînă în 1984).

răspuns tranzitoriu, funcţie de timp care reprezintă mărimea de ieşire $u_e(t)$ a unei reţele electrice sau a unui sistem de transmisie supus acţiunii unei anumite mărimi de intrare $u_i(t)$, în regim tranzitoriu. *Metoda* **r.t.** (metoda integralei Duhamel) se aplică la determinarea regimului tranzitoriu al reţelelor lineare pasive, în condiţii iniţiale de repaus (condiţii iniţiale nule). *Funcţia de* **r.t.** (funcţia indiciară) este funcţia de timp $f(t) = u_i(t)$ cînd mărimea de intrare este o *funcţie reaptă unitate* $\gamma(t) = \begin{cases} 0 & \text{pt. } t \leqslant 0 \\ 1 & \text{pt. } t > 0 \end{cases}$ pentru sisteme lineare, descompunînd mărimea de intrare într-o succesiune de funcţii treaptă retardate $A\gamma(t-\tau) = \begin{cases} 0, & t \leqslant \tau \\ A, & t > \tau \end{cases}$. Luînd intervale de timp foarte mici (fig. 222, b) şi trecînd la limită se obţine $u_i(t) = u_i(+0)\gamma(t) + \int_0^t \left(\frac{du_i}{dt}\right)_{t=\tau} \cdot \gamma(t-\tau)\, d\tau$ (+0 se referă la valoarea limită la dreapta). Mărimii de intrare $u_i(+0)\gamma(t)$ îi corespunde o mărime de ieşire $u_i(+0) f(t)$. Fiecare din treptele elementare retardate determină cîte o mărime de ieşire $u_i(\tau) f(t-\tau)d\tau$. Prin suprapunerea efectelor, mărimea de ieşire se obţine sub forma $u_e(t) = u_i(+0)f(t) + \int_0^t u_i'(\tau) f(t-\tau)\, d\tau$ *(integrala Duhamel).* Metoda **r.t.** constă deci din două etape: 1) Se determină funcţia de **r.t.** a sistemului $f(t)$ pentru mărimea de intrare treaptă unitate neretardată; 2) Se determină mărimea de ieşire $u_e(t)$ pentru o mărime de intrare oarecare $u_i(t)$, prin rezolvarea integralei Duhamel.

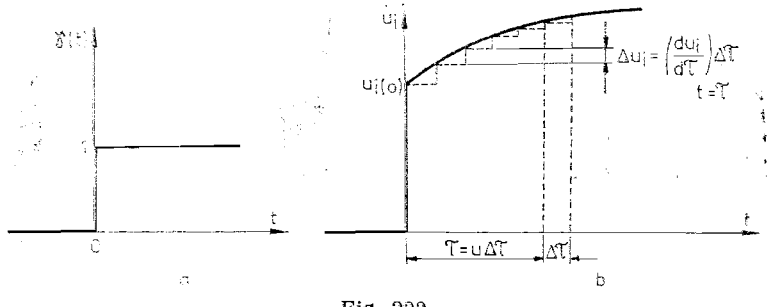


Fig. 222

(fig. 222). Funcţia de **r.t.** se poate determina prin rezolvarea ecuaţiilor diferenţiale ale sistemului, direct sau operaţional *(→ transformata Laplace).* În metoda **r.t.** se aplică principiul superpoziţiei, valabil pen-

răşini sintetice, mase plastice termoreactive de policondensare sau poliadiţie. Cele mai răspîndite **r.s.** de

policondensare sînt *r.s. fenol-formaldehidice* (fenoplastele), cu întărire rapidă, de tip *novolac* şi cu întărire înceată, de tip *resolic.* **R.s.** de tip resolic sînt preferate, căci cele de tip novolac degajă, în medii umede, amoniac, care provoacă coroziunea metalelor. **R.s.** resolice se folosesc sub formă de laeuri, lianţi sau mase de presare *(bachelită,* descoperită de L. Backeland, 1906) cu umplutură organică (fibre, foi sau ţesături fărîmiţate de bumbac, hîrtie, rumeguş) sau anorganică (calc, cuarţ, şamotă, mică, azbest). Materialele organice de umplutură înrăutăţesc proprietăţile electrice, datorită higroscopicităţii, dar conferă proprietăţi mecanice bune. Materialele anorganice îmbunătăţesc stabilitatea termică. Materialele de presare stratificate cu hîrtie de celuloză *(pertinaxul)* sau cu hîrtie de azbest se folosesc sub formă de plăci. Proprietăţile fenoplastelor: stabilitate termică pînă la 150°C; rezistivitate $10^9 \ldots 10^{14}\Omega$cm; permitivitate 5...7; $tg\delta = (100 \ldots 450)\cdot 10^{-4}$. *R.s. de poliadiţie,* cele mai utilizate în electrotehnică, sînt *răşinile epoxidice,* (**r.e.**) care conţin în moleculele lor unul sau mai mulţi oxizi interni numiţi grupări *epoxi.* **R.e.,** obţinute prin reacţia dintre epiclorhidrină şi difenoli, au proprietatea că prin adăugarea de *durificatori* se întăresc printr-o reacţie de poliadiţie. Întărirea poate decurge la cald (durificator anhidrida acidului ftalic) sau la cald şi la rece, la temperatura camerei (cu durificatori bazici, de ex., amine). Amestecul celor două componente poate fi prelucrat (presat, turnat), numai un timp bine determinat, după care întărirea este definitivă (**r.e.** sînt termorigide). Cu creşterea temperaturii scade timpul de întărire. **R.e.** se folosesc ca mase adezive (la metal, sticlă, ceramică, mase plastice, de ex., *epoxichitul*), ca mase de turnare, ca prafuri de presare sau ca răşini de impregnare. Prin adăugarea de materiale de umplutură (făină de cuarţ sau de porţelan, pulbere de mică, sticlă, argilă etc.) se pot influenţa proprietăţile electrice, termice şi mecanice. *R.e. de turnare* se folosesc la cutiile terminale ale cablurilor de 1...10 kV, pentru diferite piese de forme complicate, izolatoare de interior sau pentru încapsularea diferitelor aparate (transformatoare de măsură, condensatoare, înfăşurări pentru motoare submersibile, colectoare pentru maşini electrice de putere mică etc.). Pentru evitarea lipirii pieselor turnate, formele se ung cu unsori siliconice. *R.e. de presare* au avantajul evitării tensiunilor interne, care apar la răcire. *R.e. de impregnare* (lacuri fără solvenţi) se folosesc la construcţia maşinilor electrice de mare putere (ale căror înfăşurări sînt izolate, de ex., cu sticlomicabandă), la impregnarea rotoarelor micromaşinilor sau la fabricarea materialelor stratificate. *R.e. de lipire* se folosesc la confecţionarea benzilor adezive, la lipirea tolelor miezurilor transformatoarelor, la lipirea pieselor polare pe magneţi permanenţi ai instrumentelor de măsură etc. Este posibilă şi utilizarea **r.e.** ca lac de emailare a conductoarelor. Proprietăţile **r.e.** cu făină de cuarţ: rezistivitate $10^{13} \ldots 10^{19}\Omega$ cm; permitivitatea 3,4...4,2; $tg\delta = (180 \ldots 300)\cdot 10^{-4}$; stabilitate termică 80...150°C. *Polimerii sintetici* (*→ policlorura de vinil, → polietena, → polistirenul, → politetrafluoretena* etc.) sînt *r.s. de polimerizare.*

reactanţă, X, raportul dintre valoarea efectivă a tensiunii la bornele unui element de circuit pur reactiv (bobine şi condensatoare fără pierderi) şi valoarea efectivă a curentului din acel element, în regim sinusoidal permanent, de frecvenţă dată, $X = U_r/I$. Într-un circuit de curent alternativ cu rezistenţa R, impedanţa Z, admitanţa Y, conductanţa G, susceptanţa B, puterea reactivă Q şi unghiul de defazaj între tensiune şi curent φ, **r.** se poate exprima prin următoarele relaţii: $X = \sqrt{Z^2 - R^2} = Z \sin\varphi = \sin\varphi/Y = \sin\varphi/\sqrt{G^2 + B^2} = R\,tg\varphi = Q/I^2$. *R. capacitivă* a unui condensa-

tor de capacitate C, la frecvența f este $X_C = 1/(\omega C)$, $\omega = 2\pi f$ fiind pulsația. *R. inductivă* a unei bobine de inductivitate L, la frecvența f este $X_L = \omega L = 2\pi f L$. **R.** unui circuit cu bobină și condensator legate în serie este $X = X_L - X_C$. Unitatea de măsură a r. este *ohmul*, Ω.

reactanță capacitivă → **reactanță.**

reactanță cielică → **reactanță utilă.**

reactanță de dispersie, reactanță de scăpări.

reactanță de reacție → **reactanțe ale mașinii sincrone.**

reactanță de scăpări, produs între pulsația curentului ω și inductivitatea de scăpări L_σ a unei înfășurări $X_\sigma = \omega L_\sigma$ (→ *inductivitate*). **R.de s.** corespund inductivităților determinate de fluxurile de scăpări ale înfășurărilor mașinilor electrice și transformatoarelor și influențează considerabil caracteristicile lor de funcționare. Fluxurile de scăpări ale mașinilor electrice rotative se descompun în: fluxul crestăturii, ale cărui linii de cîmp se închid prin fier, la baza crestăturii și trec prin crestătură, de la un perete la altul; fluxul capetelor de dinți, ale cărui linii de cîmp trec de la un dinte la dintele învecinat prin întrefier; fluxul capetelor de bobină, ale cărui linii de cîmp se închid în jurul părților laterale ale bobinei, care nu se află în crestături. Pe lîngă inductivitățile corespunzătoare acestor fluxuri de scăpări, r.de s. mai înglobează inductivitățile corespunzătoare cîmpului magnetic al armonicilor superioare, care, neparticipînd la transferul de energie, au efect de cîmp de scăpări *(dispersia diferențială)*. La transformatoare, **r.de s.** corespunde inductivităților de scăpări determinate de cîmpul magnetic care înlănțuie numai spire aparținînd aceleiași înfășurări. Calculul r. **de s.** se face cu ajutorul expresiei energiei magnetice $L_\sigma i^2/2 = \frac{1}{2}\int BH\,dv$, pentru diferite tipuri de înfășurări (cilindrice, alternate). Determinarea experimentală a **r.de s.** a → *transformatorului* se face prin încercarea de scurtcircuit, la care se măsoară tensiunea U_{sc}, curentul I_{sc} și puterea activă absorbită P_{sc}: $X_\sigma = X_{\sigma 1} + X'_{\sigma 2} = \sqrt{Z_{sc}^2 - (R_1 + R'_2)^2} = \sqrt{U_{sc}^2 - (P_{sc}/I_{sc})^2}/I_{sc}$, indicele 1 se referă la înfășurarea primară, 2 — la cea secundară, prim — la parametrii înfășurării secundare raportați la primar. Sin. *reactanță de dispersie.*

reactanță directă → **reactanțe ale mașinii sincrone.**

reactanță echivalentă, raport dintre componenta reactivă U_r a tensiunii efective la bornele unui circuit electric dipolar în regim permanent sinusoidal și valoarea efectivă a curentului absorbit pe la borne, $X_e = U_r/I = U_b \sin\varphi/I$, unde U_b este valoarea efectivă a tensiunii la borne, iar φ — unghiul de defazaj dintre tensiune și curent. Dacă curentul este defazat înaintea tensiunii, **r.e.** este capacitivă, iar circuitul are caracter capacitiv; dacă curentul este în urma tensiunii, circuitul are caracter inductiv, iar **r.e.** este inductivă.

reactanță inductivă → **reactanță.**

reactanță inversă → **reactanțe ale mașinii sincrone.**

reactanță omopolară → **reactanțe ale mașinii sincrone.**

reactanță principală, reactanță utilă.

reactanță sincronă → **reactanțe ale mașinii sincrone.**

reactanță supratranzitorie → **reactanțe ale mașinii sincrone.**

reactanță tranzitorie → **reactanțe ale mașinii sincrone.**

reactanță utilă, produsul dintre pulsația curentului ω și → *inductivitatea* utilă a unei înfășurări de mașină electrică, $X_u = \omega L_u$. La o mașină

electrică de curent alternativ **r.u.** se referă numai la cîmpul magnetic util, ale cărui linii de cîmp trec prin întrefier și înlănțuie înfășurări atît din stator, cît și din rotor. **R.u.** este proporțională cu pătratul numărului de spire, cu pasul polar și cu lungimea mașinii și invers proporțională cu valoarea întreficrului. La *mașinile polifazate,* fluxul util este determinat de curenții tuturor fazelor, iar **r.u.** se numește *reactanță cielică* și se calculează ținînd seama de faptul că fluxul magnetic al unei înfășurări m-fazate este de $m/2$ ori fluxul magnetic al unei singure faze. Sin. *reactanță principală.*

reactanțe ale mașinii sincrone, reactanțe introduse în teoria → *mașinii sincrone* aplicate la studiul regimurilor staționare și tranzitorii de funcționare. În regim staționar se definesc următoarele reactanțe: 1) *Reactanța de reacție,* X_a, ca raport între tensiunea electromotoare indusă într-o fază a înfășurării de fluxul de → *reacție a indusului* și curentul de sarcină, $X_a = U_{ea}/I_a$. La mașinile sincrone cu poli aparenți reluctanțele magnetice sînt diferite după axa polilor (axa longitudinală) și după axa neutră (axa transversală) și solenația de reacție se descompune după cele două axe *(teoria celor două axe).* Se definește *reactanța de reacție longitudinală,* X_{ad}, corespunzătoare componentei longitudinale a fluxului de reacție și *reactanța de reacție transversală,* X_{aq}, corespunzătoare componentei sale transversale. 2) *Reactanța sincronă,* X_s, ca sumă a reactanței de reacție și a → *reactanței de scăpări* a înfășurării indusului, $X_s = X_a + X_\sigma$. La mașina sincronă cu poli aparenți, reactanțele sincrone sînt definite după cele două axe: *reactanța sincronă longitudinală* $X_d = X_{ad} + X_\sigma$ și *reactanța sincronă transversală* $X_q = X_{aq} + X_\sigma$ ($X_d > X_q$). În regim nesimetric, caracterizat de tensiuni la borne nesimetrice, se aplică metoda → *componentelor simetrice* și se definește: 1) *Reactanța directă* X_1. Este reactanța sincronă corespunzătoare componentei directe a tensiunii la borne, care creează un cîmp magnetic învîrtitor ce se rotește sincron cu rotorul. Determinarea lui X_1 se face prin încercarea de scurtcircuit simetric și prin măsurarea rezistenței înfășurării în curent continuu. 2) *Reactanța inversă,* X_2, egală cu reactanța sincronă definită în ipoteza că mașina ar avea la borne un sistem invers de tensiuni, rotorul fiind scurtcircuitat și rotit în sens direct (invers cîmpului magnetic învîrtitor). Determinarea lui X_2 se face printr-o încercare în care se scurtcircuitează înfășurarea de excitație și se rotește rotorul în sens invers cîmpului învîrtitor din stator. Se măsoară tensiunea, curentul și puterea activă. Valoarea reactanței inverse este cuprinsă între valoarea reactanței de scăpări și cea a reactanței sincrone longitudinale, $X_\sigma < X_2 < X_d$. 3) *Reactanța omopolară,* X_0, este egală cu reactanța sincronă definită în ipoteza că mașina ar fi alimentată cu un sistem omopolar de tensiuni, rotorul fiind scurtcircuitat și rotit în sens direct. Se determină prin înscrierea fazelor mașinii și alimentarea de la o rețea monofazată. În general, reactanța omopolară este mai mică decît reactanța de scăpări, $X_0 < X_\sigma$. În regim tranzitoriu de scurtcircuit trifazat al mașinii sincrone se definesc următoarele reactanțe: 1) *Reactanța supratranzitorie,* X''_d (reactanța sincronă longitudinală supratranzitorie), care corespunde fluxului de reacție a indusului din prima fază a scurtcircuitului, cînd liniile de cîmp se închid prin aer, în afara miezului polilor, ocolind atît înfășurarea de amortizare (dacă există), cît și înfășurarea de excitație, căci acestea avînd rezistență mică, nu admit variații rapide de flux magnetic). 2) *Reactanța tranzitorie,* X'_d (reactanța sincronă longitudinală tranzitorie), corespunde flu-

xului de reacție a indusului la scurtcircuit în etapa următoare, după amortizarea curenților induși în înfășurarea de amortizare, cînd liniile de cîmp ocolesc numai înfășurarea de excitație, care avînd constantă de timp mai mare, se opune un timp mai îndelungat pătrunderii liniilor de cîmp de reacție. În etapa a 3-a, după ce se amortizează și curenții induși în înfășurarea de excitație, traseul liniilor de cîmp de reacție este același cu ale cîmpului inductor și reactanța se stabilește la valoarea corespunzătoare regimului staționar (X_d). Între cele 3 reactanțe există inegalitățile $X''_d < X'_d < X_d$. La mașinile sincrone cu poli aparenți se mai definește reactanța sincronă transversală supratranzitorie X''_q, cu valori apropiate de X''_d.

reactor → bobină de reactanță.

reacția indusului, fenomen de suprapunere a cîmpului magnetic produs de curentul din înfășurarea indusului unei mașini electrice, peste cîmpul magnetic inductor. Cîmpul rezultant determină tensiunea electromotoare și cuplul electromagnetic la funcționarea mașinii în sarcină. La → *transformatoare* și la → *mașina asincronă*, **r.i.** nu se tratează ca fenomen distinct, căci fluxul magnetic rezultant, util, se menține la o valoare practic constantă, la diferite sarcini (valoarea de la mersul în gol), dacă tensiunea de alimentare este constantă, situație în care, în ipoteza neglijării căderilor de tensiune pe rezistența și reactanța de scăpări, și tensiunea electromotoare este constantă. La creșterea curentului de sarcină (secundar) I_2, care produce amperspirele de reacție I_2N_2, cresc în mod corespunzător și amperspirele primare I_1N_1 încît amperspirele rezultante rămîn constante, $\underline{I}_1N_1 + \underline{I}_2N_2 = \underline{I}_{10}N_1$, $\underline{I}_{10}$ fiind curentul de mers în gol. La → *mașina de curent continuu*, **r.i.** este transversală (liniile de cîmp de reacție se închid transversal pe poli) și determină o scădere a tensiunii electromotoare, datorită saturației și o deformare a repartiției inducției magnetice în întrefier. La → *mașina sincronă*, **r.i.** se consideră prin introducerea reactanțelor de reacție, respectiv a reactanțelor sincrone (→ *reactanțe ale mașinii sincrone*). La mașina sincronă cu poli aparenți se aplică metoda celor două axe (metoda dublei reacții Blondel-Park), prin care **r.i.** se descompune în două componente: una transversală, produsă de componenta activă i_q a curentului de sarcină, și una longitudinală, produsă de componenta reactivă i_d, căci reluctanțele magnetice care se opun închiderii fluxului de reacție sînt diferite după cele două axe (fig. 223) și anume, mai mare după axa transversală decît după axa longitudinală, porțiunea cu aer a circuitului magnetic corespunzător fiind mai mare. La sarcini „pur inductive" **r.i.** este longitudinală, demagnetizantă, la sarcini „pur capacitive", **r.i.** este longitudinală, magnetizantă, iar la sarcini „pur active", **r.i.** este transversală, demagnetizantă pentru o jumătate de pol și magnetizantă, pentru cealaltă jumătate (ghilimelele se referă la faptul că s-a considerat defazajul curentului față de tensiunea

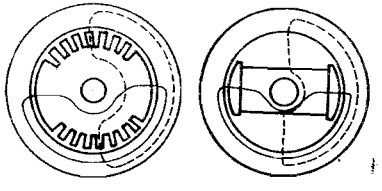


Fig. 223

electromotoare indusă de fluxul inductor, și nu față de tensiunea la borne).

reanclanșare automată rapidă (RAR), anclanșarea automată a unui întreruptor dintr-un sistem energetic, declanșat prin acțiunea protecției. La

liniile electrice aeriene, scurtcircuitele au, în general, caracter trecător (în cca 80...95% din cazuri) și sînt lichidate prin întreruperea circuitului, odată cu stingerea arcului electric (de ex., scurtcircuite produse de crengile copacilor sau de păsări mari). **RAR** micșorează durata deranjamentelor în aceste situații. **RAR** trebuie să asigure o pauză, pentru stingerea arcului și deionizarea locului defectului. Unele dispozitive de **RAR** controlează, înainte de reanclanșare, dacă sînt îndeplinite anumite condiții (de ex., lipsa tensiunii pe linie sau controlul sincronismului între linie și bare). După timpul de întrerupere, există dispozitive *RAR ultrarapide* ($t_{pauză} \leqslant \leqslant 0{,}5$ s), *rapide* ($t_{pauză} = 0{,}5...1{,}5$ s) și *lente* ($t_{pauză} > 1{,}5$ s). După modul de acționare, dispozitivele **RAR** pot fi mecanice, sau, mai frecvent, electrice. După numărul fazelor acționate, dispozitivele **RAR** se clasifică în: monofazate și trifazate. După numărul ciclurilor, există **RAR** cu un singur ciclu, cu două cicluri, la care după prima reanclanșare, urmează o pauză mai mare, corespunzătoare **RAR** lente și din nou o reanclanșare și **RAR** cu 3 cicluri, utilizate mai rar, în cazuri cu totul speciale.

rebobinare, operație de înlocuire a unei înfășurări la un transformator sau la o mașină electrică. **R.** se execută pentru înlocuirea unei înfășurări defectate sau pentru obținerea de alte caracteristici de funcționare (tensiune, turație). Pentru un proiect de **r.** este necesar să se cunoască secțiunea conductoarelor de bobinaj, grosimea izolației, numărul de spire, forma și dimensiunile bobinelor, legăturile la borne sau la colector etc. Schema de înfășurare poate fi modificată, chiar dacă se păstrează vechile caracteristici (de ex., se trece de la înfășurarea în lanț la înfășurarea în două etaje). Operațiile de **r.** sînt aceleași ca la bobinarea unei mașini noi: confecționarea, → *impregnarea*, încercarea și așezarea bobinelor în crestături sau pe transformator, executarea conexiunilor, încercarea mașinii. La **motoarele asincrone** este foarte importantă respectarea secțiunii conductoarelor, căci în cazul utilizării unei secțiuni mai mari decît la vechea înfășurare, numărul de spire care încap în crestătură este mai mic, ceea ce determină o scădere a factorului de putere al motorului. Acest lucru se poate constata imediat, prin măsurarea curentului de mers în gol, care are o valoare sporită față de valoarea de la mașina veche, pentru producerea fluxului magnetic de valoare mai mare. La **r. transformatoarelor**, numărul de spire se calculează cu relația $N = U/[(4{,}44\ BS_{Fe}f)$, în care U este tensiunea înfășurării, V; f — frecvența, Hz; B — inducția magnetică, T; S_{Fe} — secțiunea netă a miezului de fier, m². La transformatoare uscate se poate lua $B = 0{,}8...1{,}3$ T, pentru tole laminate la cald, și $B = 1{,}2...1{,}64$ T, pentru tole laminate la rece, valorile mai mici pentru puteri mici, sub 5 kVA.

receptor, element de circuit care absoarbe energie electrică în scop util. Caracteristicile unui **r.** sînt tensiunea de alimentare, frecvența, puterea nominală, curentul absorbit (→ *date nominale*).

reconectare automată a sarcinii (RAS), operație de conectare automată a unor consumatori deconectați prin dispozitivele de descărcare automată a sarcinii (*DAS*), la revenirea frecvenței în sistemele electroenergetice ca urmare a restabilirii echilibrului între puterea cerută de consumatori și puterea generatoarelor, ca urmare a lichidării unor avarii sau prin intrarea în funcțiune a unor hidrogeneratoare cu pornire rapidă. Dispozitivele **RAS**, cu → *relee de frecvență* asociate cu relee de timp, se aplică numai în stațiile fără personal permanent de exploatare, deoarece prezintă dezavantajul unei reconectări

masive, fără a se cunoaște rezerva de putere din sistem, ceea ce ar putea duce la o a doua deconectare automată, ca urmare a scăderii frecvenței. **RAS** este eficientă dacă întreruperea durează mai puțin de 25 s și este recomandabil să se facă în trepte (pe tranșe de consumatori), la fel ca și **DAS**.

recuperarea energiei electrice, utilizare a energiei electrice produse, într-un sistem de acționare electrică, în procesul de frînare, de energia potențială a sistemului (de ex., la coborîrea pantelor de către vehiculele cu acționare electrică sau la coborîrea sarcinii unei instalații de ridicat) sau de energia cinetică înmagazinată în masele aflate în mișcare de rotație sau de translație, la oprire sau la reducerea vitezei (→ *frînare electrică*).

redresare, transformare a energiei electrice de curent alternativ în energie electrică de curent continuu, prin blocarea alternanțelor de un anumit semn ale tensiunii alternative, cu ajutorul elementelor de circuit cu efect de ventil (conducție numai într-un anumit sens). **R.** se referă la trecerea directă dintr-o formă de energie electrică în alta, fără a se folosi, ca formă intermediară, energia mecanică, de ex., prin intermediul grupului de mașini motor de curent alternativ-generator de curent continuu.

redresor, → *mutator* care transformă energia electrică de curent alternativ în energie electrică de curent continuu (→ *redresare*). Se clasifică în **r.** electronice, **r.** ionice și **r.** mecanice. 1) *R. electronice* folosesc efectul de redresare dat de emisiunea termoelectronică a unui catod cald (→ *dioda* cu vid) sau efectul de redresare care apare la joncțiunea unui semiconductor de tip *n* cu unul de tip *p* (→ *diodă* semiconductoare, → *conducție electrică*). 2) *R. ionice* folosesc efectul de redresare dintr-un tub cu descărcări electrice în gaze sau vapori, cu catodul incandescent sau rece (→ *tiratron*) sau avînd catodul dintr-o baie de mercur, în cazul **r.** cu vapori de mercur, polianodice sau monoanodice (→ *excitron*, → *ignitron*). 3) *R. mecanice* se bazează pe comutarea periodică a legăturilor unui circuit alimentat în curent alternativ, cu ajutorul unui sistem de contacte acționate sincron cu frecvența rețelei, pentru a obține un curent unidirecțional. Comutarea se face la trecerea curentului prin valoarea zero. S-au folosit următoarele tipuri de **r.** mecanice: *r. sincrone*, de înaltă tensiune, aplicate, de ex., la alimentarea → *electrofiltrelor*, *r. cu contacte*, de curenți mari (pînă la 10 000 A), utilizate la alimentarea instalațiilor de electroliză și *r.cu relee de curent (vibraloare)*, folosite, în special, ca și convertoare de tensiune și frecvență, de ex., la obținerea de tensiuni mari de la surse de joasă tensiune (pile galvanice sau acumulatoare) pentru alimentarea instalațiilor de radioemisic de pe autovehicule. **R.** mecanice nu se mai construiesc, decît în cazuri cu totul speciale, locul lor fiind luat de **r.** electronice semiconductoare cu fiabilitate mai mare. Scheme de redresare. Instalațiile de redresare cuprind, de regulă, *transformatoare* de alimentare, cu rolul de a adapta tensiunea de intrare la valoarea necesară tensiunii de ieșire și de a micșora curenții de scurtcircuit, *elemente de redresare* (diode, tiristoare), *elemente de protecție* ultrarapide (siguranțe fuzibile, întreruptoare, scurtcircuitoare, separatoare, → *protecția ventilelor semiconductoare*), *elemente de filtrare* (→ *filtre*, → *bobină de netezire*). Schemele de redresare determină, în mare măsură, solicitarea ventilelor (la curent direct și tensiune inversă), ondulația tensiunii redresate, puterea transformatorului de alimentare, caracteristica exterioară a **r.** (tensiune-curent de sarcină) și efectele asupra rețelei de alimentare (factorul de putere și

regimul deformant). Dacă tensiunea de ieșire a **r.** este determinată numai de tensiunea alternativă de la intrare, **r.** se numesc *necomandate*, fiind realizate cu ajutorul ventilelor necomandabile (diode); dacă valoarea tensiunii redresate se poate modifica, cu ajutorul unor ventile comandabile (tiratroane, ignitroane, tiristoare), **r.** se numesc *comandate*. Schemele cu **r.** comandate, pot funcționa, printr-o comandă adecvată, în regim de → *invertor* cu comutație naturală (de la rețea), cedînd energia în sens invers, de pe partea de curent continuu înspre partea de curent alternativ. După numărul de faze ale tensiunii alternative de alimentare, **r.** se împart în *r. monofazate*, *r. trifazate* sau *r. polifazate* (cel mai frecvent, hexafazate sau dodecafazate, cu 12 faze). După numărul alternanțelor redresate, **r.** pot să fie *monoalternanță* sau *bialternanță*, cu *punct neutru* (în monofazat, priză mediană) sau în *punte*. La schemele cu punct neutru, în serie cu sarcina se află un singur element **r.**, la cele în punte, în permanență se află două ventile în serie, ceea ce face ca pierderea de tensiune pe **r.** să fie dublă. În schimb, solicitarea ventilelor la tensiune inversă este mai mică, iar utilizarea transformatoarelor mai bună, la schemele în punte. La *r. monofazat monoalternanță* (fig. 224, *a*) ventilul conduce numai în decursul alternanței pozitive. Tensiunea redresată are întreruperi și un mare conținut de armonici superioare. Dacă ventilul este comandabil (tiristor, tiratron) tensiunea redresată poate fi redusă, în mod continuu, pînă la valoarea zero, prin întîrzierea semnalului de comandă față de tensiunea aplicată ventilului (→ *comandă pe grilă*). Schema *monofazată cu priză mediană* poate fi considerată ca două scheme monoalternanță conectate în paralel, avînd tensiunile de alimentare defazate cu 180° (fig. 224, *b*). Într-o alternanță conduce ventilul 1,

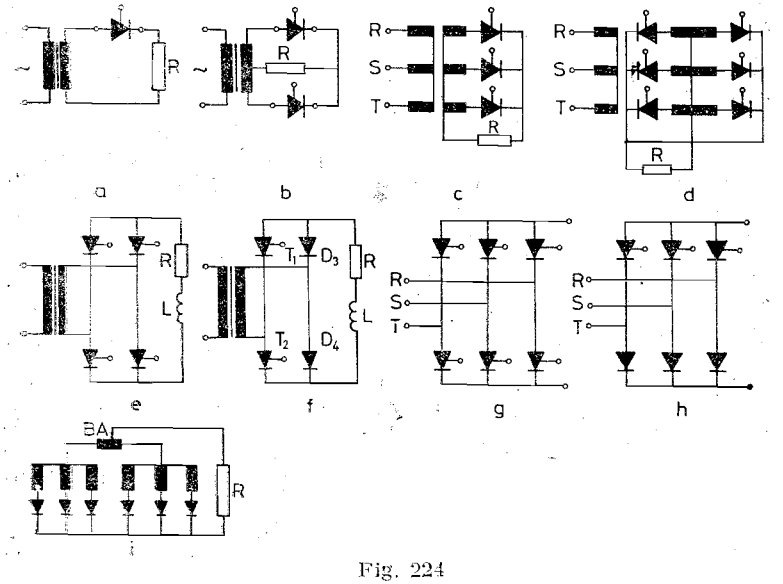


Fig. 224

în alternanța următoare, ventilul 2. Tensiunea redresată constă dintr-o succesiune de alternanțe pozitive (la **r.** comandate, alternanțele sînt secționate, corespunzător unghiului de comandă). La *r. trifazat cu punct neutru*, cu conexiunea stea, apare fenomenul de premagnetizare a transformatorului, motiv pentru care se preferă conexiunea în zig-zag, la care în fiecare moment, curentul trece prin două faze secundare (fig. 224, *c*). *R. monofazat în punte* (fig. 224, *e, f*) poate fi considerat ca fiind alcătuit din două **r.** cu priză mediană înseriate. **R.** comandate, în punte, pot avea tiristoare în toate brațele *(punte complet comandată)* sau numai în două brațe *(punte semicomandată)*. La puntea semicomandată *simetrică* catozii celor două tiristoare fiind comuni, se poate utiliza un singur transformator de impulsuri pentru comandă, în schimb, la puntea *nesimetrică*, diodele sînt mai încărcate, avînd rolul de → *diodă de circulație liberă*, ceea ce poate constitui un avantaj. *R. în punte trifazată* (fig. 224, *g, h*) poate fi considerată ca fiind obținută prin înserierea a două **r.** cu punct neutru (în stea), defazate cu un unghi de 60°. Ca urmare, forma tensiunii redresate corespunde unui *r. hexafazat cu punct neutru* (fig. 224, *d*), care se folosește rar, din cauza utilizării ineficiente a transformatorului și a ventilelor. *R. hexafazat cu bobină de absorbție* (fig. 224, *i*) se obține prin legarea în paralel a două **r.** trifazate cu punct neutru, în stea, cu tensiunile defazate cu 180°, prin intermediul unei bobine, care, prin tensiunile electromotoare induse, egalează tensiunile aplicate pe două ventile care ar intra, succesiv, în conducție și determină conducția lor concomitentă, mărindu-se astfel unghiul de conducție a unui ventil la 120° (tot timpul conduc două ventile, unul de la o stea, altul de la cealaltă). *Valoarea medie a tensiunii redresate* la schemele complet comandate, în regim de curent nefntrerupt, este $U_{med} = \frac{\sqrt{2}m}{\pi} U \sin\frac{\pi}{m} \cos\alpha$, unde U este valoarea efectivă a tensiunii de fază, m — numărul de faze (la puntea monofazată $m=2$; **r.** trifazat în stea $m=3$; punte trifazată $m=6$). La schemele în punte semicomandată, $U = \frac{m}{\pi}\sqrt{2}U \sin\frac{\pi}{m}\frac{1+\cos\alpha}{2}$; $m = 2$ la puntea semicomandată monofazată; $m = 6$ la puntea semicomandată trifazată; α — unghiul de comandă, considerat din momentul intrării naturale în conducție a ventilului, dacă n-ar exista întîrzicre (dacă ventilul ar fi necomandabil). Schemele complet comandate (care conțin numai ventile comandabile), singurele care pot funcționa și în regim de invertor cu comutație de la rețea, au, la anumite unghiuri de comandă, în cazul circuitelor inductive, valori negative ale tensiunii redresate, care se aplică receptorului. La schemele semicomandate, receptorul de curent continuu este deconectat de la transformator în intervalele cînd tensiunea are valori negative, ceea ce îmbunătățește factorul de putere, prin micșorarea puterii reactive necesare. Acest lucru se realizează, de ex., în schema din fig. 224, *f*, prin diodele D_3 și D_4, care joacă rolul de diodă de circulație liberă, permițînd închiderea componentei reactive a curentului sarcinii inductive, fără a mai trece prin sursa de curent alternativ.

reductor de curent → **transformator de măsură.**

reductor de tensiune → **transformator de măsură.**

refracția liniilor de cîmp, frîngere a liniilor de cîmp electric sau magnetic la trecerea prin suprafața de separație a două medii cu proprietăți electrice (ε) sau magnetice (μ) diferite. În cazul c î m p u l u i e l e c t r i c, la trecerea liniilor de cîmp prin suprafața de separație a doi dielectrici lineari și izotropi, de permitivitate ε_1 și ε_2, fără polarizație permanentă și fără sarcini electrice pe suprafața de separație (sarcini superficiale), raportul tangentelor trigonometrice ale unghiurilor formate cu normala la suprafață de vectorii intensitate de cîmp electric $\bar{E}_1$ și $\bar{E}_2$ sau inducție electrică $\bar{D}_1$ și $\bar{D}_2$ (fig. 225) este egal cu raportul permitivităților celor două medii

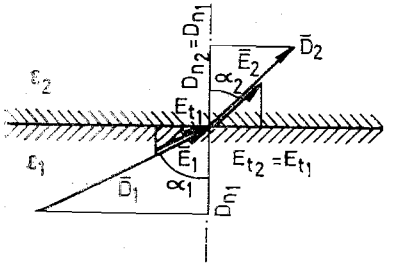


Fig. 225

$\operatorname{tg}\alpha_1/\operatorname{tg}\alpha_2 = \varepsilon_1/\varepsilon_2$ *(teorema r.l. de c. electric)*. Acest lucru este o consecință a → *legii fluxului electric*, care asigură conservarea componentelor normale ale inducției electrice $D_{n1} = D_{n2}$, respectiv a → *legii inducției electromagnetice*, care asigură conservarea componentelor tangențiale ale intensității cîmpului electric $E_{t1} = E_{t2}$ la trecerea prin suprafața de separație, precum și a → *legii polarizației electrice temporare*. În cazul c î m p u l u i m a g n e t i c, la trecerea prin suprafața de separație a două medii magnetice lineare și izotrope, de permeabilități magnetice μ_1 și μ_2, raportul tangentelor trigonometrice ale unghiurilor formate cu normala la suprafață de vectorii intensității cîmpului magnetic $\bar{H}$, respectiv inducției magnetice $\bar{B}$ (fig. 226) este egal cu raportul celor două permeabilități $\operatorname{tg}\alpha_1/\operatorname{tg}\alpha_2 = \mu_1/\mu_2$ *(teorema r.l. de c. magnetic)*. Această teoremă este o consecință a → *legii fluxului magnetic*, care asigură conservarea componentelor normale ale inducției magnetice, $B_{n1} = B_{n2}$, respectiv a → *legii circuitului magnetic*, care asigură conservarea componentelor tangențiale ale intensității cîmpului magnetic $H_{t1} = H_{t2}$, la trecerea prin suprafața de separație, precum și a → *legii magnetizației temporare*. În cazul circuitelor magnetice ale mașinilor și aparatelor electrice, cu porțiuni de aer (întrefier, $\mu_{r1} = 1$), considerînd permeabilitatea magnetică a fierului nesaturat de valoare foarte mare ($\mu_{r2} \approx \infty$), rezultă $\mu_{r1}/\mu_{r2} = 0$, deci $\operatorname{tg}\alpha_1 = 0$. Rezultă că la trecerea din mediul feromagnetic în aer, liniile de cîmp magnetic sînt practic perpendiculare pe suprafața de separare, indiferent de valoarea lui α_2 (fig. 227).

refularea curentului → **efect pelicular.**

regim cuasistaționar → **fenomen.**

regim deformant, regim permanent de funcționare a rețelelor de curent

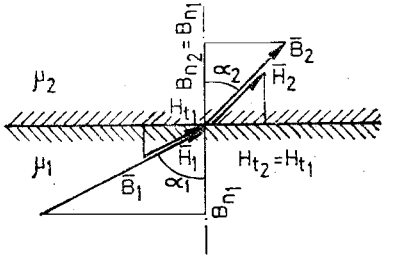


Fig. 226

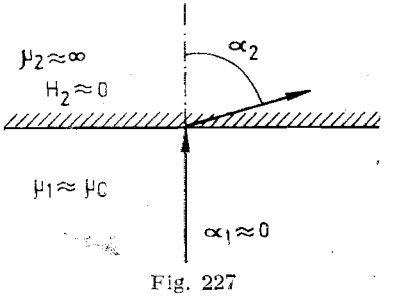


Fig. 227

alternativ, în care cel puțin una din variațiile în timp ale tensiunii sau curentului nu este sinusoidală. Dacă tensiunea de alimentare este sinusoidală, **r.d.** apare numai dacă există receptoare *nelineare* (deformante), cum sînt mutatoarele, bobinele cu miez de fier, receptoarele cu arc electric (cuptoare cu arc, instalații de sudare cu arc), lămpile cu descărcări în gaze sau vapori metalici etc. Dacă tensiunea este nesinusoidală, de ex., la transformatoarele cu circuit magnetic saturat, **r.d.** poate fi amplificat de prezența în circuit a condensatoarelor, care, avînd reactanță mică la frecvențe mari, pot determina apariția unor armonici superioare de curent importante și pot crea circuite rezonante condensator-rețea. Studiul **r.d.** se face prin descompunerea tensiunilor și curenților periodici, nesinusoidali în serie Fourier (→ *analiză armonică*). În **r.d.**, în afară de puterea activă, reactivă și aparentă, mai intervine puterea deformantă (→ *putere electromagnetică*). **R.d.** are următoarele efecte negative asupra sistemului energetic. 1) Apariția distorsiunii de tensiune și de curent la toate nivelele între generatoare și receptoare. Coeficientul de distorsiune, care arată abaterea mărimii periodice de la forma sinusoidală, este definit ca raport între *reziduul deformant* și valoarea efectivă a mărimii periodice nesinusoidale: $\delta_U = \sqrt{U_2^2+U_3^2+\ldots}/\sqrt{U_1^2+U_2^2+U_3^2+\ldots}$; $\delta_I = \sqrt{I_2^2+I_3^2+\ldots}/\sqrt{I_1^2+I_2^2+I_3^2+\ldots}$. Practic, pentru $\delta \leqslant 5\%$, mărimea se poate considera sinusoidală. 2) Majorarea pierderilor de putere și energie în rețele și mașini electrice, datorită creșterii puterii aparente din cauza puterii deformante $S=\sqrt{P^2+Q^2+D^2}$, S — puterea aparentă, P — puterea activă, Q — puterea reactivă, D — puterea deformantă. 3) *Supratensiuni* de rezonanță provocate de bateriile de condensatoare de compensare a puterii reactive și supraîncălzirea acestor condensatoare datorită armonicilor superioare. 4) *Cupluri parazite* la motoarele asincrone, produse de armonicile 5, 7, 11, 13 etc. 5) *Erori de măsură* suplimentare la aparatele de măsurare a puterii (pînă la 3%) și energiei (pînă la 14%), datorită valorii diferite a → *factorului de putere* în **r.d.**, decît în regim sinusoidal, la aceeași putere reactivă. Reducerea efectelor **r.d.** se face cu ajutorul → *filtrelor*, cu refulare sau cu absorbție. *Filtrul refulant* urmărește evitarea rezonanței între rețea și bateriile de condensatoare existente pentru îmbunătățirea factorului de putere, folosind bobine de reactanță în aer (bobine de dezacordare), înseriate cu aceste baterii. În substațiile de tracțiune de curent alternativ, se utilizează baterii de condensatoare înseriate cu rezistoare, conectate la barele substației la care sînt conectați fiderii de alimentare a firului de contact, pentru modificarea parametrilor *LC* ai liniei de contact, în scopul evitării producerii rezonanței pentru vreuna din armonicile superioare ale curentului de tracțiune, produse de redresoarele de pe locomotivă (frecvența de rezonanță se coboară sub 50 Hz). *Filtrul absorbant* constă din condensatoare conectate în serie cu bobine de reactanță în aer, astfel calculate încît să prezinte rezonanță pentru armonicile superioare (5, 7...) prezente la barele consumatorului deformant. În acest fel, filtrul va absorbi în întregime curentul armonicilor pentru care a fost acordat. Calculul acestor filtre se face pe baza analizei armonice a curentului respectiv tensiunii, efectuate cu ajutorul oscilogramelor. Sin. *regim nesinusoidal*.

regim de funcționare, ansamblul mărimilor electrice, mecanice, termice care caracterizează, într-un anumit interval de timp, funcționarea unui sistem (instalație, mașină, aparat electric etc.). *Regimul nominal* este dat de valorile nominale ale mărimilor

caracteristice (tensiune, curent, putere, turație, → *date nominale*). *R.de f. în gol* este caracterizat de o putere utilă nulă, puterea absorbită acoperind numai → *pierderile*. *R.de f. în sarcină* este regimul în care puterea utilă este diferită de zero. *R.de f. în scurtcircuit* este regimul în care bornele de ieșire ale unui circuit generator (rețea, mașină electrică, generator) sînt conectate printr-un conductor de rezistență (impedanță) neglijabilă, încît tensiunea dintre ele este nulă, deci puterea utilă este egală cu zero. Acest regim este caracterizat, în general, de curenți mult mai mari decît curentul nominal, fiind un regim anormal de funcționare (regim accidental). Există și unele aparate la care **r.de f.** în scurtcircuit este un regim nominal (de ex., transformatoarele de curent de măsură sau transformatoarele de sudare, la care **r.de f.** este foarte apropiat de cel de scurtcircuit, puterea utilă fiind însă diferită de zero). **R.de f.** în scurtcircuit al unui motor asincron este regimul în care, motorul fiind alimentat, arc rotorul calat (blocat). În primul moment al conectării motorului la rețea pentru pornire, cînd turația încă are valoarea zero, **r.de f.** este de scurtcircuit (la pornirea directă a motorului asincron cu rotorul în scurtcircuit curentul depășește de 5...7 ori curentul nominal). Alte **r.de f.** la motoarele electrice sînt regimul de pornire, de frînă, de generator etc. Totalitatea **r.de f.** ale motoarelor electrice de acționare, într-un interval de timp determinat alcătuiesc → *serviciul de funcționare*.

regim electrocinetic, regim în care purtătorii de sarcină electrică au o mișcare ordonată, formînd un → *curent electric*. **R.e.** este caracterizat de existența unui → *cîmp electric* nenul în conductoare, numit cîmp electrocinetic. În *r.e. staționar*, mărimile sînt invariabile în raport cu timpul, dar → *fenomenele* sînt însoțite de dezvoltare de căldură în conductoare. În acest regim, tensiunea electromotoare este dată de → *cîmpul electric imprimat*. În *r.e. nestaționar*, pe lîngă componenta potențială a cîmpului (coulombiană), apare o componentă solenoidală (cîmpul electric indus).

regim electrostatic → **fenomen.**

regim forțat, regim al unui sistem (rețea, transformator, mașină electrică) aflat sub tensiuni la borne date, în care variația în timp a curenților este univoc determinată de modul de variație în timp a acestor tensiuni și nu depinde de condițiile inițiale. Prin rezolvarea ecuației diferențiale a curentului în regim tranzitoriu, componenta de **r.f.** corespunde soluției particulare a ecuației diferențiale neomogene (componenta permanentă a curentului, curentul forțat).

regim liber, regim al unui sistem (rețea, transformator, mașină electrică), în care variația în timp a curentului este determinată de condițiile inițiale. Prin rezolvarea ecuației diferențiale a curentului în regim tranzitoriu, componenta de **r.l.** corespunde soluției ecuației omogene (componenta tranzitorie a curentului), în care constantele de integrare sînt determinate cu ajutorul condițiilor inițiale.

regim magnetostatic → **fenomen.**

regim nesinusoidal, regim deformant.

regim nestaționar → **fenomen.**

regim permanent → **fenomen.**

regim static → **fenomen.**

regim staționar → **fenomen.**

regim tranzitoriu → **fenomen.**

regim variabil, regim nestaționar al cîmpului electromagnetic, în care mărimile de stare variază în timp, iar energia electromagnetică se pro-

pagă sub formă de → *unde electromagnetice*. Ecuațiile cîmpului electromagnetic în **r.v.** sînt: $\mathrm{div}\,\bar{E} = \rho/\varepsilon$; $\mathrm{rot}\,\bar{E} = -\partial\bar{B}/\partial t$ (pentru corpuri în repaus); $\mathrm{div}\,\bar{B} = 0$; $\mathrm{rot}\,\bar{B} = \mu\bar{J} + \mu\varepsilon\partial\bar{D}/\partial t$, spre deosebire de regimul static, în care ecuațiile au forma: $\mathrm{div}\,\bar{E} = \rho/\varepsilon$; $\mathrm{rot}\,\bar{E} = 0$ (regim electrostatic) și $\mathrm{div}\,\bar{B} = 0$; $\mathrm{rot}\,\bar{B} = \mu\bar{J}$ (regim magnetostatic); $\bar{E}$ — intensitatea cîmpului electric; $\bar{D}$ — inducția electrică; $\bar{B}$ — inducția magnetică; ρ — densitatea sarcinii electrice; $\bar{J}$ — densitatea de curent; ε — permitivitatea; μ — permeabilitatea magnetică. Pentru determinarea mărimilor de stare ale cîmpului electromagnetic în **r.v.**, la rezolvarea acestor ecuații diferențiale se consideră și condițiile de frontieră (componentele normale la infinit: $E_{n\infty} = 0$, $B_{n\infty} = 0$).

reglare automată a acționărilor electrice, reglare automată la care obiectul reglării este un motor electric de acționare, la care se menține constantă viteza unghiulară sau/și alte mărimi (curent, cuplu etc.). **R.a. a a.e.** este caracterizată de constante de timp relativ mici, din care cauză procesele reglate se numesc rapide, spre deosebire de alte reglări (de temperatură, debite, presiune), care sînt procese lente. Calitatea sistemelor de **r.a. a a.e.** este dată de următorii indicatori: 1) *Precizia reglării*, caracterizată de *abaterea staționară*, adică diferența dintre valoarea prescrisă a mărimii reglate și valoarea sa reală, în regim staționar. 2) *Constanța reglării*, caracterizată de variația în timp a abaterii staționare. 3) *Durata regimului tranzitoriu*. 4) *Coeficientul de suprareglare*, dat de raportul dintre depășirea maximă a valorii mărimii de ieșire și valoarea sa staționară. 5) *Gradul de amortizare*, apreciat prin numărul de oscilații ale mărimii reglate, pînă la intrarea în plaja determinată de abaterea staționară. Mărimile de intrare a regulatorului automat sînt date de traductoare de curent (șunturi sau transformatoare de curent de măsură), de → *tahogeneratoare* sau alte dispozitive de măsură. Elementele de execuție sînt, de regulă, mutatoare cu tiristoare, iar amplificatoarele moderne și blocurile de comandă pe grilă sînt tranzistorizate (→ *automatică*). La unele sisteme de acționare electrică, este necesar ca pe lîngă reglarea automată a mărimii principale de ieșire, cum ar fi viteza unghiulară a motorului, să se limiteze, în mod automat, una sau mai multe mărimi auxiliare (curentul de pornire sau de frînare, cuplul etc.), pentru a proteja motorul și transmisia de suprasolicitări mecanice, electrice sau termice. **R.a. a a.e.** cu limitarea unor parametri se poate face prin mai multe procedee: reglarea *convergentă*, reglarea *paralelă* și reglarea *în cascadă*. Ultimul procedeu, care prezintă numeroase avantaje, constă în utilizarea a două (mai rar 3) bucle de reglare (fig. 228). Sistemul cu două bucle asigură menținerea constantă a turației motorului de curent continuu prin intermediul regulatorului de turație R_N, a cărui mărime de ieșire constituie una din mărimile de intrare pentru regulatorul de curent R_I, care limitează curentul motorului dînd comandă blocului de comandă a tiristoarelor *DCG*.

reglare automată a sistemelor electroenergetice, reglare automată a mărimilor care condiționează calitatea energiei electrice din sistemele de producere, transport și distribuție: *tensiunea* și *frecvența*. Variațiile de tensiune din sistemele energetice sînt cauzate, în esență, de puterea reactivă, iar variațiile de frecvență, de puterea activă. *Reglarea automată a tensiunii și puterii reactive* asigură menținerea constantă a tensiunii la barele unei centrale sau ale unei stații electrice, independent de variațiile puterii consumatorilor, de scurtcircuitele din sistem, de declanșările unor linii sau mari consumatori etc. Totodată se mărește stabilitatea statică a sistemului energetic și puterea maximă debitată în regim static, crește stabilitatea dinamică, se mărește sensibilitatea protecției prin relee și se asigură condițiile de → *autopornire* a motoarelor asincrone. Reglarea automată a tensiunii se face prin intermediul excitației generatoarelor sincrone din centrale și prin intermediul raportului de transformare a transformatoarelor din stații, prevăzute cu prize pentru reglarea sub sarcină. În unele stații electrice sînt amplasate compensatoare sincrone de mare putere, prin a căror excitație se acționează asupra puterii reactive și a tensiunii. Generatoarele sincrone moderne sînt prevăzute cu sisteme de excitație statică, cu redresoare cu tiristoare, avînd calități dinamice superioare excitației cu mașini electrice rotative. *Reglarea automată a frecvenței și puterii active*, prin menținerea constantă a frecvenței, asigură o mărire a productivității acționărilor electrice cu motoare asincrone și sincrone, o creștere a randamentului global al centralelor electrice și o creștere a indicatorilor tehnico-economici ai sistemelor energetice interconectate. Deosebit de importantă este reglarea automată a frecvenței în condițiile sistemelor energetice interconectate între țări, la care o variație extrem de mică a frecvenței (de ordinul zecimilor de Hz), poate duce la variații mari ale puterii active de schimb (de ordinul sutelor de MW). În aceste condiții, reglarea frecvenței asigură menținerea schimbului de putere cu sistemele energetice de interconexiune în conformitate cu graficele prevăzute de contracte, reducerea consumului de combustibil pe ansamblul sistemului energetic național prin preluarea variațiilor de sarcină de către centralele prestabilite, îndeplinirea clauzelor contractuale potrivit cărora variațiile interne de sarcină trebuie suportate de către centralele proprii.

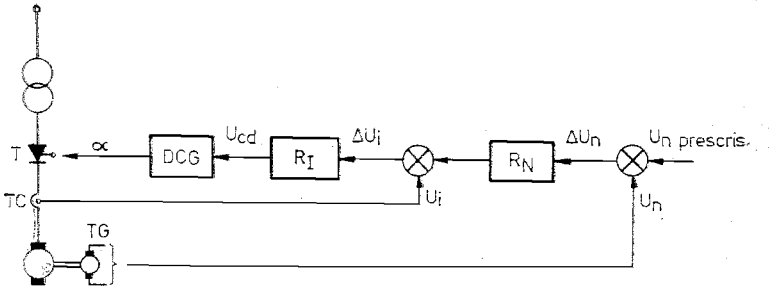


Fig. 228

regula burghiului, regulă prin care se asociază unei mișcări de rotație un sens de înaintare de-a lungul axei de rotație. Sensul este dat de înaintarea unui burghiu (sau șurub drept), care se rotește. **R.b.** se aplică la determinarea sensului produsului vectorial (→ *vector*) sau la stabilirea sensului liniilor de cîmp magnetic produs de curent (burghiul înaintează în sensul curentului).

regulator de fază, dispozitiv de modificare a defazajului dintre două tensiuni. **R.de f.** este format dintr-un motor asincron cu inele, al cărui rotor bobinat este calat, dar poate fi rotit în diferite poziții prin intermediul unui angrenaj cu melc. La **r.de f.** trifazat, care este cel mai răspîndit, statorul se alimentează de la rețeaua

trifazată (fig. 229), iar tensiunile culese la perii, de valoare constantă, sînt defazate față de tensiunile rețelei cu un unghi, care depinde de unghiul de retire al rotorului. **R.de i.** se utilizează la verificarea instrumentelor de măsurare a puterii și energiei, a releelor de distanță și direcționale, sau la comanda unor scheme de mutatoare *(→ comandă pe grilă)*.

regulator de inducție, dispozitiv de modificare continuă a tensiunii, format dintr-un motor asincron cu inele, cu rotor calat, dar care poate fi rotit cu un anumit unghi (de ex., cu un angrenaj melc-roată melcată). La **r.de i.** trifazat, care este cel mai răspîndit, înfășurarea statorică, deschisă, este conectată cu 3 borne la rețeaua trifazată (fig. 230), iar cu celelalte 3, la consumator. Înfășurarea rotorică este scurtcircuitată și este alimentată de la rețea. Neglijînd căderile de tensiune pe rezistențele

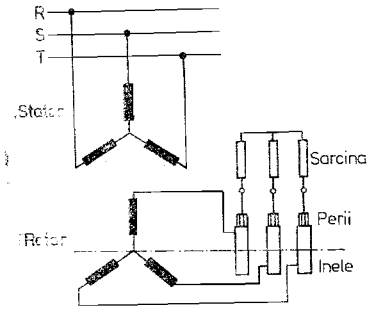


Fig. 229

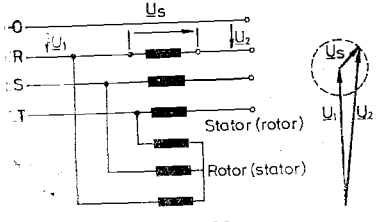


Fig. 230

înfășurărilor și pe reactanțele lor de scăpări, tensiunea de alimentare a receptorului (pe o fază), U_2, se obține prin adunarea fazorială a tensiunii rețelei, U_1, cu tensiunea electromotoare indusă de cîmpul învîrtitor în înfășurarea statorică, U_s, de valoare efectivă constantă, dar defazată față de tensiunea rețelei cu un unghi dependent de poziția rotorului față de înfășurarea statorică (fig. 231).

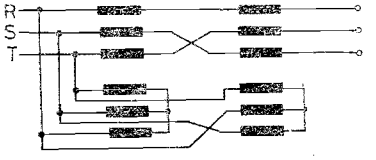


Fig. 231

Valorile extreme ale tensiunii de ieșire sînt $U_{2min} = U_1 - U_s$ și $U_{2max} = U_1 + U_s$. **R.de i.** se construiesc pînă la tensiuni de 12 kV; la puteri sub 50 kVA au răcire naturală, în aer, iar la puteri mai mari, răcire cu ulei. Dacă faza tensiunii reglate trebuie păstrată, se utilizează *r.de i. duble* (cuplate), formate din două **r.de i.** simple, cu înfășurările rotorice în paralel și statorice în serie, avînd însă două faze inversate, la al doilea **r.de i.** atît în rotor, cît și în stator (fig. 233). Prin această inversare a succesiunii fazelor, cuplul rezultant la arbore are valoarea zero, ceea ce constituie un avantaj, în special la **r.de i.** de putere mare, la care consolidarea rotorului ar fi dificilă.

regulex, mașină electrică amplificatoare de curent continuu. **R.** este prevăzut cu o înfășurare de comandă (de excitație separată) și o înfășurare de reacție (cu autoexcitație acordată, în derivație, avînd o astfel de rezistență în circuit, încît să nu se producă *→ autoexcitația* fără semnal de comandă; de preferință, $R_d = R_{cr}$). **R.** se utilizează rar, din cauza oscilațiilor ce apar în procesul de reglare (oscilații eliminate la *→ rotoirol*).

releu, aparat electric automat de joasă tensiune, care, sub acțiunea unei mărimi de intrare (curent, tensiune etc.), produce o variație bruscă a mărimii de ieșire. În mod obișnuit, **r.** închide sau deschide un circuit, prin comutație mecanică (cu contacte) sau statică (fără contacte). **R.** este un aparat de tip discret, deoarece nu poate avea decît două stări stabile, acționat-neacționat (de funcționare și de repaus), trecerea de la o stare la alta fiind o stare de tranziție. **R.** cuprinde 3 elemente funcționale distincte: *elementul sensibil* (de măsurare), care transformă mărimea de intrare într-o mărime fizică susceptibilă de comparație cu mărimea prescrisă; *elementul de comparare*, care compară mărimea dată de elementul sensibil cu mărimea de referință și transmite comanda, la depășirea sau la scăderea sub valoarea prescrisă, elementului următor; *elementul de execuție*, care acționează asupra mărimii de ieșire. După principiul de funcționare a elementelor sensibile se deosebesc următoarele tipuri de **r.**: *electromagnetice, magnetoelectrice, electrodinamice, de inducție, magnetice, termice, feromagnetice statice* (cu amplificator magnetic), *electronice*. Dacă funcționarea **r.** nu sesizează sensul mărimii de intrare, **r.** este *neutru*; dacă starea **r.** depinde de sensul mărimii de intrare, **r.** se numește *polarizat*. După principiul de funcționare a elementelor de execuție, **r.** pot fi *cu contacte* și *fără contacte*. După natura mărimii de intrare, **r.** pot fi: *de tensiune, de curent, de putere* (activă, reactivă, aparentă), *de impedanță, de admitanță, de defazaj, de succesiunea fazelor, de frecvență, de timp*. După modul de legare a elementului sensibil, există **r.**: *primare*, conectate direct; *secundare*, conectate prin intermediul transformatoarelor de măsură; *intermediare*, activate de alte **r.**, avînd rol de amplificare sau de multiplicare a semnalului (distribuirea pe mai multe circuite). După destinație, **r.** sînt: *de protecție*, în special pentru sisteme electroenergetice; *de comandă* (de ex., pentru acționări electrice); *de automatizări și telecomunicații*. După precizia de acționare, **r.** pot fi: *de măsurare*, care acționează cînd mărimea de intrare depășește o anumită valoare sau scade sub ea *(r. maximale, r. minimale)* și *auxiliare* (intermediare), care acționează la apariția sau la dispariția mărimii de intrare, fără a avea o precizie deosebită. După comportarea în timp, **r.** pot fi *cu temporizare* sau *fără temporizare*. **R.** fără temporizare pot fi ultrarapide (durata de acționare $t_a < 0{,}001$ s), rapide ($t_a < 0{,}05$ s), normale ($t_a = 0{,}05 \ldots 0{,}15$ s) și lente ($t_a = 0{,}15 \ldots 1$ s).

releu Buchholz, releu de gaze.

releu cu mercur, releu protejat, avînd contactele în interiorul unui tub de sticlă umplut parțial cu mercur, în care sînt sudați electrozii. În poziție de repaus, mercurul nu atinge decît un electrod. Acționarea **r.cu m.** se face fie prin înclinarea tubului cu ajutorul unui electromagnet (fig. 232), fie prin atragerea unui plonjor în

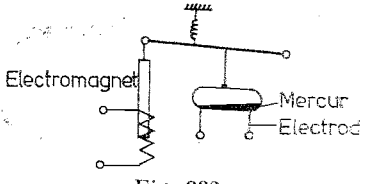


Fig. 232

baia de mercur, de către forța electromagnetică produsă de o bobină. **R.cu m.** are avantajul unei durate mari de funcționare, contactele fiind ferite de oxidare, murdărire sau uzură. Dezavantajul **r.cu m.** este dependența acționării de poziție, ceea ce exclude utilizarea sa pe nave sau avioane.

releu de curent, releu utilizat la *→ protecția instalațiilor electrice*, fiind acțio-

nat la variația curentului din circuitul controlat. Cele mai utilizate **r.de c.** sînt relee maximale, instantanee sau temporizate. *R.de c. maximal instantaneu* este, de regulă, un → *releu electromagnetic*. Valoarea curentului la care acționează **r.de c.** se poate regla prin modificarea tensionării arcului antagonist. Timpul de acționare este de 0,25 s la $1{,}2.I_{reglat}$ și de 0,05 s la $2.I_{reglat}$. *R.de c. temporizat* poate avea temporizare dependentă, cu timp de acționare cu atît mai mic, cu cît este mai mare curentul din înfășurare, sau independentă de curent. Protecția cu temporizare *independentă* se obține prin combinarea unui **r.de c.** cu un → *releu de timp*. *R. de c. cu temporizare dependentă* (fig. 233), este un (→ *releu de inducție*) la care viteza discului *d* depinde de curentul prin bobina *B*. Cuplul rezistent este dat de resortul *r* și magnetul *m*. Temporizarea se reglează modificînd distanța dintre contactele c_1 și c_2.

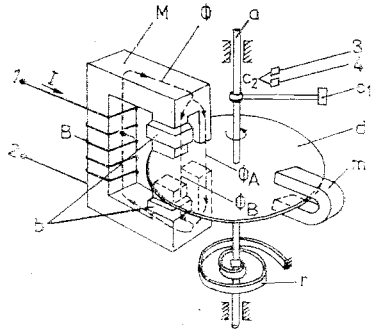


Fig. 233

releu de frecvență, releu de tip electromagnetic, de inducție sau cu elemente statice care acționează la abaterea frecvenței de la o anumită valoare impusă. *R.de f. de inducție*, cu rotor cilindric, este alimentat la fel ca și releele de putere, dar ambele înfășurări sînt de tensiune. *R.de f. electromagnetic* are două armături pe același ax, fiecare avînd o bobină proprie alimentată printr-un filtru de frecvență, format din rezistoare și condensatoare. Frecvențele de rezonanță ale celor două circuite sînt diferite : la frecvența nominală (de ex., 50 Hz), cuplurile care acționează asupra bobinelor sînt egale și de sens contrar ; la frecvențe mai mari, axul se rotește într-un anumit sens, închizînd un contact ; la frecvențe mai mici, se rotește în sens contrar. **R.de f.** electromagnetic *polarizat* este alimentat prin filtre de frecvență detectoare de fază și prezintă siguranță mai mare în funcționare. **R.de f.** moderne utilizează *comutația statică*. **R.de i.** se utilizează în sistemele electroenergetice pentru deconectarea unor consumatori (de sacrificiu) în cazul în care sarcina cerută depășește posibilitățile de producție ale centralelor electrice (→ *descărcarea automată a sarcinii, DAS*) și la restabilirea alimentării consumatorilor sacrificați prin *DAS* la revenirea frecvenței, odată cu lichidarea deranjamentelor sau conectării unor hidrogeneratoare cu pornire rapidă (→ *reconectarea automată a sarcinii, RAS*).

releu de gaze, aparat care sesizează formarea gazelor sau a curentului de ulei, folosit la protecția transformatoarelor și a altor echipamente în ulei (condensatoare de putere, bobine de stingere, aparate de comutație etc.). **R.de g.** se amplasează pe conducta dintre cuvă și conservatorul de ulei și este format dintr-un mic rezervor cu orificii laterale, în interiorul căruia se găsesc piese mobile sub formă de flotoare sau palete ce acționează întreruptoare basculante cu mercur (fig. 234). Gazele formate ca urmare a defectelor (scurtcircuite între spire, puneri la masă etc.), în drumul lor spre conservator se adună la partea superioară a **r.de g.** și odată cu coborîrea nivelului de ulei, coboară și plutitorul, care închide un circuit de semnalizare sau de

deconectare. **R.de g.** cu două flotoare dă comandă de semnalizare la o degajare lentă de gaze și comandă de declanșare, la degajări violente sau la curenți de ulei cu viteză mare (peste 0,5 m/s). Unele **r.de g.** sesizează

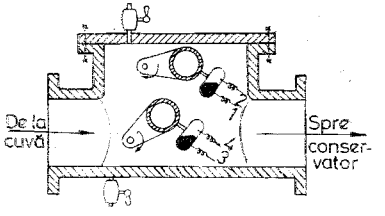


Fig. 234

și scurgerile de ulei din cuvă. Sin. *releu Buchholz*.

releu de inducție, releu de curent alternativ, cu funcționare asemănătoare cu cea a → *contorului electric* de inducție, utilizat la realizarea protecției maximale de curent cu caracteristică dependentă, a protecției direcționale și de distanță (→ *protecția instalațiilor electrice*). **R.de i.** cu o înfășurare face parte, de ex., din construcția releului maximal de curent temporizat. La acest releu, discul de aluminiu se rotește în permanență, ceea ce permite observarea stării releului. **R.de i.** cu două înfășurări, de curent și de tensiune, se utilizează ca releu direcțional (releu de putere), sau releu de distanță (de impedanță). Elementul mobil al **r.de i.**, în care se stabilesc curenți turbionari, poate fi în formă de disc, de rotor cilindric (construcția cea mai răspîndită) sau de cadru mobil. *R.de i. direcționale* au timp de acționare foarte scurt (de ordinul sutimilor de secundă).

releu de putere → **releu de inducție**, → **releu electrodinamic**.

releu de timp, releu la care acționarea sau revenirea se face cu o întîrziere reglabilă față de momentul aplicării semnalului de intrare. În funcție de precizia necesară, de domeniul de reglare a temporizării și de destinație, **r.de t.** se pot construi cu temporizare mecanică, termică, electrică, magnetică sau electronică. 1) *R.de t. cu temporizare mecanică*, cu mecanism de ceasornic, sau acționate cu servomotor electric, sînt cele mai răspîndite (de ex. releul electromagnetic cu balansier, cu temporizări de 0,5...20 s). 2) *R.de t. cu temporizare termică*, cu → *bimetal*, au temporizări între 1 și 300 s, dar precizie redusă (erori de 15%). 3) *Temporizările electrice* (0,5...60 s) se obțin prin modificarea constantei de timp *RC* a circuitului de descărcare a unui condensator. 4) *Temporizările magnetice* (pînă la 5 s) se obțin prin întîrzierea variației fluxului magnetic care acționează armătura, cu ajutorul unei înfășurări auxiliare, scurtcircuitate. 5) *R.de t. electronice* au temporizare electrică (*RC*), cu care se comandă tranzistoare sau tiristoare, comutația fiind statică. **R.de t.** cu tuburi electronice nu se mai utilizează decît la unele instalații mai vechi. **R.de t.** electronice pot avea temporizări de ordinul orelor sau zilelor.

releu electrodinamic, releu de curent continuu sau alternativ, utilizat la protecția direcțională, la care cuplul activ apare prin interacțiunea dintre un cîmp magnetic fix (produs, de ex., de înfășurarea de curent) și un cadru mobil, parcurs de curent (de ex., un curent proporțional cu tensiunea aplicată). Se poate realiza atît ca releu wattmetric, cît și varmetric.

releu electromagnetic, releu la care echipajul mobil este acționat de forța exercitată de cîmpul magnetic produs de o bobină parcursă de curent continuu sau alternativ, asupra unei armături feromagnetice. **R.e.** este cel mai răspîndit tip de releu și poate avea armătura basculantă, rotitoare sau cu mișcare de translație (fig. 235). Pentru evitarea vibrațiilor armăturii la alimentarea în curent alternativ,

fenomen ce cauzează uzarea prematură a contactelor și lagărelor, pe un pol fix al → *electromagnetului* se montează o spiră în scurtcircuit. Reglarea curentului de acționare se face prin modificarea tensiunii inițiale a resortului

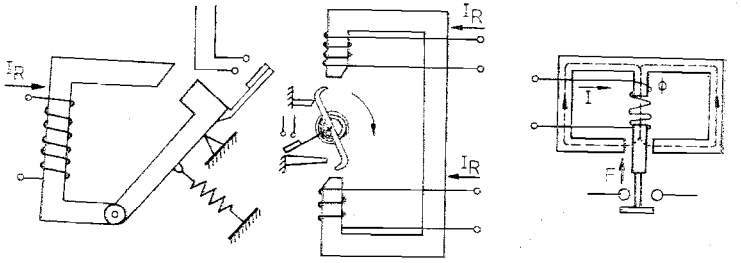


Fig. 235

antagonist sau, mai rar, prin modificarea numărului de spire ale bobinei sau ale întrefierului. **R.e.** se utilizează ca releu de curent, de tensiune, de timp sau intermediar. Consumul propriu este de 0,3 VA la **r.e.** de curent și de 2 VA la r.e. de tensiune.

releu direcțional → **releu electrodinamic.**

releu intermediar, releu auxiliar, de regulă electromagnetic, folosit în cazurile cînd în circuitele de ieșire este necesar un număr mai mare de contacte, sau cu capacitate de rupere sporită față de releul prevăzut cu elementul sensibil (de măsură). **R.i.** se utilizează pe larg în circuitele de comandă automată sau de protecție (de ex., la protecția maximală de curent contactele **r.i.** suportă curentul din circuitul bobinei de declanșare a dispozitivelor de acționare a întreruptoarelor automate). Unele **r.i.** au temporizare, obținută cu ajutorul unui mecanism de ceasornic, cu balansier.

releu magnetoelectric, releu de curent continuu sau alternativ redresat, cu funcționare asemănătoare cu cea a → *instrumentelor electrice de măsură* de același tip, utilizat în protecția de distanță (de impedanță). **R.m.** este prevăzut cu două înfășurări, alimentate, de ex., prin redresoare, de la transformatorul de măsură de curent și de tensiune și amplasate pe o carcasă izolantă cilindrică ușoară, ce se poate deplasa vertical în întrefierul circular al unui magnet permanent cu poli concentrici (fig. 236). Acționarea **r.m.** se produce cînd forța

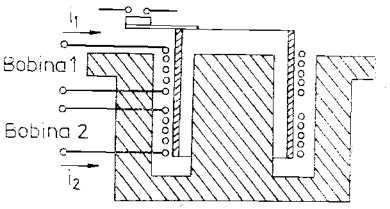


Fig. 236

exercitată asupra unei bobine depășește forța exercitată asupra celeilalte bobine, parcurse de curent în sens contrar: $k_1N_1Bi_1 > k_2N_2Bi_2$, k_1, k_2 — constante, N_1, N_2 — numărul de spire al celor două bobine; B — inducția magnetică în întrefier; i_1, i_2 — curenții prin bobine. Condiția de acționare $i_2/i_1 < k_1N_1/(k_2N_2)$ este satisfăcută, de ex., la scăderea impedanței unei linii sub o anumită valoare. **R.m.** au capacitate redusă de rupere a contactelor, dar prezintă sensibilitate mare.

releu polarizat, releu electromagnetic de curent continuu sau alternativ redresat, la care direcția de deplasare a armăturii este determinată de sensul fluxului magnetic de excitație. Există *r.p. cu magnet permanent* și *r.p. cu electromagnet de polarizare*, care produce în întrefier un flux magnetic de inducție constantă. Armătura se deplasează înspre un pol sau înspre celălalt (fig. 237), după cum curentul din înfășurarea de lucru are un sens

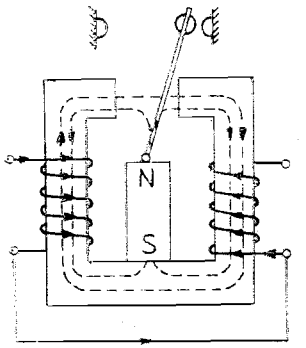


Fig. 237

sau altul. **R.p.** are sensibilitate mare (de cca 10 ori mai bună decît a celor mai sensibile relee electromagnetice), timp redus de acționare (mimi de secundă), dar prezintă capacitate redusă de comutare. Este utilizat pe scară largă în teleconunicații, automatizări și în schemele de protecție prin relee.

releu termic, releu acționat de variațiile de temperatură dintr-o instalație sau dintr-un mediu controlat. *R.t. electric*, utilizat la protecția mașinilor și instalațiilor electrice contra suprasarcinilor de durată, folosește un → *bimetal*, încălzit de curentul care îl străbate *(r.t. direct)* sau care trece printr-o înfășurare de încălzire. **R.t.** electrice sînt simple și robuste, dar funcționarea lor este influențată de temperatura ambiantă, iar puterea de rupere a contactelor este mică. *R.t. termometric* (termostatul) folosește termometre cu contacte sau burdufuri manometrice, care sesizează creșterea presiunii dintr-un recipient (umplut, de ex., cu clorură de etil) la creșterea temperaturii și produce închiderea unor contacte. Se utilizează, de ex., la protecția transformatoarelor.

reluctanță (R_m), mărime scalară definită pentru o porțiune de circuit magnetic neramificat și fără scăpări (tub de cîmp) prin raportul dintre tensiunea magnetică U_m din lungul porțiunii de circuit și fluxul magnetic Φ prin secțiunea transversală a tubului: $R_m = U_m/\Phi$. Dacă porțiunea de circuit are lungimea l, secțiunea $A(l)$ și permeabilitatea magnetică $\mu(l)$, **r.** se calculează cu relația $R_m = \int_0^l \frac{dl}{\mu(l)\,A(l)}$. Pentru o porțiune de circuit omogenă, de secțiune constantă, $R_m = l/(\mu A)$. Valoarea reciprocă a **r.** este → *permeanța*, $\Lambda = 1/R_m$. Unitatea de măsură a **r.** este $A/Wb = H^{-1}$ (amperul pe weber sau henry la minus 1).

reluctanță echivalentă, mărime scalară definită pentru circuite magnetice ramificate (legate în paralel) sau legate în serie, prin raportul dintre tensiunea magnetică aplicată între punctele extreme ale circuitului magnetic și fluxul magnetic total, $R_{me} = U_m/\Phi$. La legarea în serie, **r.e.** este egală cu suma reluctanțelor porțiunilor de circuit separate, $R_{me} = \sum_{k=1}^{n} R_{mk}$. La legarea în paralel, $1/R_{me} = \sum_{k=1}^{n} 1/R_{mk}$ (teoremele lui Kirchhoff pentru circuite magnetice).

reluctivitate, valoarea reciprocă a permeabilității magnetice.

remanență magnetică, stare de magnetizație existentă în absența unui cîmp magnetic exterior (magnetizant). **R.m.** poate fi anulată cu ajutorul unui cîmp magnetic de sens contrar cîmpului care a produs magnetizarea (cîmp coercitiv, → *histerezis*).

reostat, aparat format dintr-un → *rezistor* cu rezistență variabilă. Modificarea rezistenței r. se face fără demontarea conexiunilor, prin intermediul unui cursor, la curenți mici *(r. cu cursor)*, cu ajutorul unor pluguri peste care alunecă contacte glisante *(r. cu manetă)*, cu controlere sau prin modificarea suprafeței de contact cu un lichid conductor a unor electrozi *(r. cu lichid)*. **R.** se acționează, de regulă, manual, dar există și **r.** acționate de la distanță, cu servomotoare. După modul de răcire, se deosebesc *r. cu răcire în aer* și *r. cu răcire în ulei*. După funcțiunile îndeplinite, **r.** se clasifică în : **r.** de pornire și r. de reglare a mașinilor electrice, **r.** de încărcare și **r.** de laborator. 1) *R. de pornire* se utilizează la motoare electrice de joasă tensiune, în scopul micșorării curentului absorbit în timpul pornirii sau pentru mărirea cuplului de pornire. **R.** de pornire se conectează în serie cu indusul motoarelor de curent continuu și în circuitul rotoric al motoarelor asincrone cu rotor bobinat. În procesul pornirii, rezistența $\mathbf{r}_s$ se micșorează, de obicei în trepte, pînă la valoarea zero. La motorul de curent continuu, în poziția 0 a r. circuitul de excitație trebuie să rămînă conectat în paralel cu rotorul înseriat cu rezistența maximă, pentru evitarea supratensiunilor. În restul pozițiilor **r.**, circuitul de excitație trebuie alimentat la tensiunea maximă. Dacă **r.** de pornire se utilizează și la reglarea vitezei de rotație, trebuie dimensionat în mod corespunzător, încît → *încălzirea* să nu depășească valorile admisibile. 2) *R. de excitație (r. de cîmp)* se utilizează la reglarea tensiunii generatoarelor sau la reglarea turației motoarelor de curent continuu prin slăbire de cîmp. Spre deosebire de **r.** de pornire, care au puteri comparabile cu puterea motoarelor, **r.** de excitație au puteri mici, de ordinul procentelor din puterea mașinilor la care sînt conectate, în schimb, trebuie dimensionate pentru funcționare de lungă durată. **R.** de excitație pentru generatoare de curent continuu au un contact de scurtcircuitare după poziția de rezistență maximă, pentru evitarea supratensiunilor care s-ar produce la întreruperea circuitului de excitație. **R.** de excitație pentru alternatoare se conectează, de regulă, în circuitul de excitație a mașinii excitatoare. *R. de reglare a turației* motoarelor de curent continuu prin slăbire de cîmp sînt, de regulă, combinate cu **r.** de pornire. 3) *R. de încărcare* servesc la încercarea în sarcină a generatoarelor de puteri mici. 4) *R. de laborator* se folosesc la diferite măsurători și încercări de mașini și aparate electrice.

reostricțiune, efect pinch.

reprezentare conformă, metodă matematică de determinare a cîmpurilor de vectori $\bar{V}$ laplaciene plane (irotaționale, rot $\bar{V}=0$ și solenoidale, div $\bar{V}=0$) cu ajutorul unei funcții analitice de variabilă complexă $w(z)$, care realizează o legătură biunivocă între punctele din planul complex $z = x + jy$ și cele din planul complex $w = u + jv$, prin păstrarea unghiurilor sub care se intersectează curbele reprezentate în cele două planuri. Liniile de cîmp și liniile echipotențial e ale unui cîmp laplacian plan sînt ortogonale. Prin **r.c.**, o configurație complexă de cîmp electrostatic sau magnetostatic poate fi transformată în linii paralele cu axele de coordonate, ceea ce simplifică mult determinarea cîmpului cu condiții de frontieră date. Dacă frontiera domeniului considerat este de formă poligonală (de ex., contururile unor conductoare), funcția analitică care face **r. c.** a conturului poligonal din planul z pe axa reală a planului w este dată de *teorema lui Schwarz-Cristoffel*.

reprezentare cinematică → **reprezentare geometrică.**

reprezentare geometrică, reprezentare simbolică prin care mărimile ce variază sinusoidal în timp sau spațiu și au aceeași frecvență se reprezintă prin segmente orientate (fazori), fixe sau rotitoare. Modulul segmentului orientat se ia egal fie cu amplitudinea, fie cu valoarea efectivă a mărimii sinusoidale. Unghiul segmentului orientat față de axa de referință (de ex., axa absciselor) se ia egal cu argumentul $\omega t + \alpha$ al mărimii sinusoidale (la reprezentarea *cinematică*) sau cu faza inițială α (la reprezentarea *polară*). Valoarea momentană a mărimii sinusoidale se obține prin proiecția segmentului orientat ce se rotește cu viteza unghiulară ω în sens direct (sens trigonometric), pe o axă perpendiculară pe axa de referință (la reprezentarea cinematică) și prin înmulțirea cu $\sqrt{2}$ a proiecției fazorului fix de la reprezentarea polară, pe o axă ce se rotește în sens invers trigonometric cu viteza unghiulară ω (în momentul inițial această axă face unghiul $\pi/2$ înaintea axei de referință). Suma mărimilor sinusoidale se obține făcînd suma geometrică a segmentelor orientate (numite impropriu vectori). **R.g.** este mai puțin utilizată decît — *reprezentarea în complex*.

reprezentare în complex, metodă de → *reprezentare simbolică* a funcțiilor scalare sinusoidale de timp, în care imaginile mărimilor original sînt mărimi complexe. **R.în c.** are două forme : **r.în c.** nesimplificată (generalizată), la care imaginea unei mărimi sinusoidale este o mărime complexă funcție de timp, și **r.în c.** simplificată, la care imaginile nu sînt funcții de timp. La *r.în c. generalizată* unei mărimi sinusoidale $y = Y\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha)$ i se asociază biunivoc mărimea complexă $\dot{Y} = Y\sqrt{2}\exp[j(\omega t + \alpha)]$, în care $j = \sqrt{-1} = \exp(j\pi/2)$ este unitatea imaginară. Trecerea de la imagine la original se face reținînd numai partea imaginară a mărimii complexe $y = \mathrm{Im}\{\dot{Y}\} = \mathrm{Im}\{Y\sqrt{2}[(\cos(\omega t + \alpha) + j\sin(\omega t + \alpha)]\} = Y\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha)$. O ecuație diferențială de forma

$$A_0 y + A_1 \frac{dy}{dt} + A_2 \frac{d^2y}{dt^2} + \ldots + B_1 \int y\,dt + \ldots = C\sqrt{2}\sin(\omega t + \gamma),$$

care intervine frecvent în calculul circuitelor de curent alternativ, se transformă în ecuația algebrică cu → *argumente* complexe, care se rezolvă imediat $\dot{Y}\left(A_0 + j\omega A_1 + j^2\omega^2 A_2 + \ldots + \frac{1}{j\omega}B_1 + \ldots\right) = C\sqrt{2}\exp[j(\omega t + \gamma)]$, căci $\frac{d\dot{Y}}{dt} = \sqrt{2}Yj\omega\exp[j(\omega t + \alpha)] = j\omega\dot{Y}$ și $\int \dot{Y}\,dt = \frac{1}{j\omega}\sqrt{2}Y\exp[j(\omega t + \alpha)] = \frac{\dot{Y}}{j\omega}$. Soluția ecuației diferențiale este $y = \mathrm{Im}\{\dot{Y}\}$. De ex., ecuația diferențială a curentului unui circuit *RLC* serie alimentat cu o tensiune alternativă sinusoidală de valoare efectivă U, avînd soluția $i = \sqrt{2}I\sin(\omega t - \varphi)$, $Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt = \sqrt{2}U\sin\omega t$ se transformă în ecuația algebrică în complex (generalizat) $\dot{I}\left(R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}\right) = \dot{U}$, în care $\dot{I}$ și $\dot{U}$ sînt imaginile în complex ale curentului și tensiunii, $\dot{I} = \sqrt{2}I\exp[j(\omega t - \varphi)]$ și $\dot{U} = \sqrt{2}U\exp(j\omega t)$. Soluția în complex este $\dot{I} = \dot{U}/\dot{Z}$, în

care $Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + jX = \sqrt{R^2 + X^2}\exp(j \operatorname{arctg} X/R)$ este impedanța complexă, iar X — reactanța echivalentă a circuitului. Scriind $I\sqrt{2}\exp[j(\omega t - \varphi)]\sqrt{R^2+X^2}\exp(j \operatorname{arctg} X/R) = U\sqrt{2}\exp(j\omega t)$, din egalitatea modulelor rezultă $I = U/\sqrt{R^2+X^2}$, iar din egalitatea argumentelor, $\omega t - \varphi + \operatorname{arctg} X/R = \omega t$, rezultă $\varphi = \operatorname{arctg} X/R$. La *r. în c. simplificată*, unei mărimi sinusoidale $y = Y\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha)$ i se asociază mărimea complexă $\underline{Y} = Y\exp(j\alpha)$, în argumentul căreia nu mai intervine timpul, ci numai faza inițială, iar modulul este egal cu valoarea efectivă a funcției original (nu cu valoarea maximă, ca la **r.în c.** generalizată). La fel ca la **r.în c.** generalizată, adunarea și scăderea funcțiilor sinusoidale, derivarea și integrarea în raport cu timpul, se fac prin operații algebrice asupra mărimilor imagine din planul complex. Cu ajutorul → *impedanței* complexe, teoremele lui Kirchhoff se pot aplica și circuitelor de curent alternativ sinusoidal. Tensiunile și curenții sînt reprezentați prin → *fazori*, a căror adunare și scădere se face prin adunarea și scăderea separată a părților reale și imaginare. Valoarea efectivă a mărimii sinusoidale se obține extrăgînd radicalul din suma pătratelor părții imaginare și a părții reale: $\underline{Y} = Y_1 + jY_2 = |\underline{Y}|(\cos\alpha + j\sin\alpha)$; $|\underline{Y}| = \sqrt{(\operatorname{Re}\{\underline{Y}\})^2 + (\operatorname{Im}\{\underline{Y}\})^2} = \sqrt{Y_1^2 + Y_2^2}$; $\alpha = \operatorname{arctg} Y_2/Y_1 = \operatorname{arctg} \operatorname{Im}\{Y\}/\operatorname{Re}\{Y\}$. Între imaginea Y din **r.în c.** generalizată și imaginea $\underline{Y}$ din **r.în c.** simplificată a mărimii sinusoidale $y = \sqrt{2}Y\sin(\omega t + \alpha)$ există relația $Y = Y\sqrt{2}\exp(j\omega t)$, deci $y = \operatorname{Im}\{\underline{Y}\sqrt{2}\exp(j\omega t)\}$.

reprezentare polară → **reprezentare geometrică.**

reprezentare simbolică, metodă utilizată la studiul circuitelor electrice în regim sinusoidal permanent sau în regim tranzitoriu, prin care unele mărimi, funcție de timp, numite *mărimi original*, se reprezintă prin simboluri, devenind *mărimi imagine*. **R.s.** se face cu scopul de a simplifica și de a sistematiza calculele. Prin *reprezentarea operațională* (→ *transformata Laplace*), ecuațiile diferențiale de regim tranzitoriu se transformă în ecuații algebrice. → *Reprezentarea geometrică* permite efectuarea calculelor cu mărimi sinusoidale de aceeași frecvență (adunare și scădere) prin operații vectoriale efectuate asupra mărimilor imagine. Prin → *reprezentarea în complex* ecuațiile diferențiale liniare cu coeficienți constanți sînt transformate în ecuații algebrice în care intervin imaginile din planul complex. La studiul mașinilor electrice de curent alternativ, unele mărimi funcție de timp sînt condiționate de repartiția în spațiu a fazelor mașinii, astfel că pentru corelarea mărimilor scalare temporale cu cele spațiale se folosesc *fazori spațialo-temporali*. La reprezentarea acestora în plan, trebuie figurate atît axele de timp, cît și axele geometrice ale circuitelor înfășurărilor, pentru caracterizarea completă a proceselor studiate, ce se desfășoară atît în timp, cît și în spațiu.

rețea electrică, ansamblul → *elementelor de circuit* conectate prin legături electrice (conductoare) a căror comportare electromagnetică este complet determinată de intensitățile curenților și de tensiunile la borne. O **r.e.** este formată din laturi, noduri și ochiuri. *Latura* este o porțiune de **r.e.** neramificată, avînd la extremități cîte un → *nod*. O succesiune de laturi care formează o curbă închisă se numește → *ochi de circuit* sau *buclă*. **R.e.** pot fi: cu *parametri concentrați* sau cu *parametri repartizați* (→ *circuit electric*); de *curent continuu* sau *alternativ*; *liniare* sau *neliniare*; *pasive*, dacă nu conțin elemente active

(surse generatoare de energie electromagnetică), sau *active*, dacă conțin astfel de surse. Calculul **r.e.** se face cu ajutorul → *teoremelor lui Kirchhoff* sau cu teoreme și metode derivate din ele. Pentru fiecare ochi de circuit se poate scrie cîte o ecuație de tensiuni cu ajutorul teoremei a II-a a lui Kirchhoff. Dintre acestea numai o parte sînt independente, numărul lor fiind egal cu numărul ochiurilor independente $O: O = L - N + 1$ (L — laturi; N — noduri). Pentru completarea numărului ecuațiilor pînă la L, în scopul determinării curenților prin cele L laturi, se mai scriu $N - 1$ ecuații cu teorema I-a a lui Kirchhoff. Alte metode și teoreme aplicate la studiul **r.e.**: metoda curenților ciclici sau metoda ochiurilor independente (→ *ochi de circuit*); metoda tensiunilor între noduri (→ *nod*); metoda → *superpoziției*; metoda → *generatorului de tensiune echivalentă*; metoda → *transfigurării* etc. Un studiu rapid și sistematic al **r.e.** poate fi făcut cu ajutorul calculului matricial, eventual cu calculatorul electronic.

rețele electrice (*rețele electrice de energie*), instalații de transport a energiei electrice și de distribuție a acesteia la consumatori, cuprinzînd → *linii*, → *stații de transformare* și → *stații de conexiuni*. Într-o accepțiune mai restrînsă, **r.e.** cuprind numai liniile de transport și de distribuție a energiei electrice. Cele mai răspîndite **r.e.** sînt de curent alternativ trifazic; **r.e.** monofazate și de curent continuu sînt folosite în tracțiunea electrică; **r.e.** de curent continuu de foarte înaltă tensiune se folosesc din ce în ce mai mult la transportul puterilor foarte mari la mari distanțe. În **r.e.** de curent alternativ, tensiunile necesare se obțin cu ajutorul transformatoarelor. Modificarea tensiunii **r.e.** de curent continuu de foarte înaltă tensiune se face după trecerea în curent alternativ cu ajutorul → *invertoarelor*. După tensiune, se deosebesc: *r.e. de joasă tensiune* (sub 1 kV); *r.e. de medie tensiune* (între 1 kV și 60 kV); *r.e. de înaltă tensiune* (între 110 kV și 750 kV); *r.e. de foarte înaltă tensiune* (peste 750 kV). Tensiunile **r.e.** sînt standardizate (→ *date nominale*). După structură, **r.e.** pot fi radiale și buclate. *R.e. radiale* alimentează consumatorii pe o singură cale, neexistînd legături cu alte **r.e.**; *r.e. buclate* asigură alimentarea consumatorilor pe cel puțin două căi, ceea ce conferă siguranță mai mare decît în cazul r.e. radiale. După modul de construcție, **r.e.** pot fi *cu linii aeriene* sau *cu cabluri de energie*. După modul de → *tratare a neutrului* există: *r.e. cu neutrul izolat*, la care punctul neutru al transformatorului nu are nici o legătură cu pămîntul (cu excepția celor constituite de aparatele de măsură, protecție și semnalizare); *r.e. cu neutrul compensat*, la care neutrul este legat la pămînt printr-o → *bobină de stingere*; *r.e. cu neutrul legat la pămînt*, fie direct, fie printr-un rezistor sau bobină, de impedanță mică. După funcția îndeplinită, se deosebesc: *r.e. de transport* (la tensiuni înalte și foarte înalte); *r.e. de distribuție* (de obicei, de medie tensiune); *r.e. de utilizare* (→ *instalație electrică*). Un tip special de **r.e.** îl formează *r.e. de tracțiune electrică*. Calculul **r.e.** urmărește determinarea condițiilor de funcționare, a proceselor și stărilor **r.e.** în regim normal și de avarie. Se studiază, în special, următoarele probleme: stabilirea tensiunilor în diferite puncte și calculul fluxurilor de puteri și a circulației curenților în diferite ramuri (→ *rețea electrică*); studiul disimetriilor (→ *componente simetrice*); calculul curenților de scurtcircuit; protecția contra supratensiunilor și supracurenților (→ *protecția instalațiilor electrice*). Pentru calculul **r.e.** complexe se apelează la → *modele de rețea* și la calculatoare electronice. Calculul **r.e.** liniare se face frecvent, cu metoda tensiunilor între noduri (→ *nod*), care se pretează la folosirea echipamentelor automate de

prelucrare a datelor. La **r.e.** neliniare, ecuațiile diferențiale obținute nu sînt rezolvabile direct, fiind necesare metode de aproximare sau metode grafice. Probleme speciale apar la calculul → *stabilității* sistemelor electroenergetice, care se studiază tot mai mult cu ajutorul calculatoarelor electronice analogice sau numerice. Există programe speciale pentru calculul circulației puterilor, al curenților de scurtcircuit, al stabilității și siguranței în funcționare sau de optimizare a circulației puterilor pentru minimizarea cheltuielilor totale de producere și transport ale energiei electrice.

rezervor de dilatare, conservator de ulei.

rezistență (R), mărime fizică care limitează valoarea curentului electric printr-un conductor, fiind determinată de forțele antagoniste ce apar în procesul conducției electrice. Pentru un dipol pasiv (fără tensiune electromotoare), **r.** este egală cu raportul dintre tensiunea la borne, U, și intensitatea curentului continuu absorbit, I, $R = U/I$ (→ *legea lui Ohm*). Valoarea reciprocă a **r.** este → *conductanța*, $1/R = G$. Unitatea de măsură a **r.** este *ohmul*, Ω. Sub formă integrală, **r.** unui tub de curent fără cîmp electric imprimat este $R = \int_1^2 \bar{E}\,\overline{dl} \Big/ \int_S \bar{J}\,\overline{ds}$, unde $\bar{E}$ este intensitatea cîmpului electric, $\bar{J}$ — densitatea de curent, $\overline{dl}$, $\overline{ds}$ — elementele de linie respectiv de suprafață orientate. Expresia **r.** unui conductor omogen, de lungime l și de secțiune constantă s, se poate determina introducînd în forma integrală a **r.** legea lui Ohm sub formă locală, $J = \sigma E = E/\rho$, unde σ este conductivitatea, iar $\rho = 1/\sigma$ — rezistivitatea: $R = \rho l/s$. În circuite liniare, r. sînt independente de valoarea curentului ce le străbate, dacă temperatura este constantă. Pentru un conductor *neliniar*, se definește, pe lîngă *r. statică*, R_s într-un punct M al caracteristicii voltampermetrice, $R_s = u_M/i_M = k\operatorname{tg}\alpha$ și *r.dinamică*, $R_{din} = (du/di)_M = k\operatorname{tg}\beta$, k fiind raportul, exprimat în unități de **r.**, dintre scara tensiunii și scara curentului, folosite la trasarea caracteristicii $u = f(i)$. **R.** dinamice sînt variabile și pot avea valori negative (de ex. în cazul descărcărilor electrice în gaze). **R.** unui conductor în curent alternativ, R_a, crește, cu creșterea frecvenței, față de valoarea **r.** în curent continuu, R_c, din cauza → *efectului pelicular* și a → *efectului de proximitate*, $k_R = R_a/R_c > 1$. Din acest motiv, în cazul mașinilor electrice, pierderile în înfășurări p_{Cu} sînt mai mari în curent alternativ decît în curent continuu, la același curent, $p_{Cu} = k_R R_c I^2$, în special, în prezența armonicilor superioare (de ex., la motoarele electrice alimentate de mutatoare cu tiristoare). În cazul unui motor asincron cu bare înalte, valoarea factorului k_R de creștere a **r.** în curent alternativ de frecvență f, pentru o bară dreptunghiulară de rezistivitate ρ, înălțime h, lățime b, montată într-o crestătură de lățime b_c este $k_R = \xi \dfrac{\operatorname{sh} 2\xi + \sin 2\xi}{\operatorname{ch} 2\xi - \cos 2\xi}$, unde $\xi = h\sqrt{\dfrac{b}{b_c}\cdot\dfrac{\pi f \mu_0}{\rho}}$, μ_0 fiind permeabilitatea vidului. Pentru $\xi \leqslant 1$, $k_R \cong 1 + \dfrac{4}{45}\xi^4$; pentru $\xi > 2$, $k_R \cong \xi$.

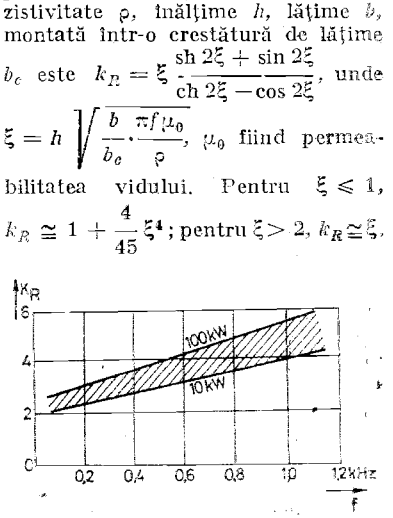


Fig. 238

Pentru exemplificare, în fig. 238 este dată variația factorului k_R cu frecvența pentru barele rotorice ale motoarelor asincrone de putere medie. **Măsurarea r.** se face în condiții industriale sau de laborator, pentru determinarea **r.** elementelor de circuit, pentru → *localizarea defectelor pe linii*, pentru determinarea **r.** → *prizelor de pămînt*, a parametrilor mașinilor electrice, a → *rezistenței de izolație*. **R.** mici (sub 1Ω) se măsoară cu puntea dublă (→ *punte de măsură*). **R.** mari (între 1Ω și 1MΩ) se măsoară cu metoda voltampermetrică (→ *montaj amonte, montaj aval*), cu → *ohmmetre*, → *compensatoare* și → *punți de măsură*. **R.** foarte mari (1 MΩ...10^3 MΩ) se măsoară cu → *megohmmetre*. Pînă la 10^{15}Ω se pot aplica ohmmetre electronice. **R.** mai mari de 10^6Ω se pot măsura cu ajutorul unor scheme *RC*, prin măsurarea timpului de încărcare și descărcare a unui condensator.

rezistență adițională, rezistor conectat în serie cu un voltmetru sau cu circuitul de tensiune al unui instrument de măsură (de ex., wattmetru), pentru a-i extinde domeniul de măsurare. Pentru o extindere de n ori a domeniului, **r.a.** se calculează cu relația $R_{ad} = R_v(n-1)$, unde R_v este rezistența interioară a dispozitivului de măsurat. **R.a.** se confecționează din sîrmă de manganină izolată, înfășurată pe plăci de prespan, ardezie sau pe role de porțelan, și pot fi intercalate în aparatul de măsură sau ca dispozitive separate (de regulă, pentru tensiuni mai mari de 600 V).

rezistență de izolație (R_{iz}), rezistența măsurată între bornele unui echipament electric sau instalații și pămînt sau între două conductoare ale unei rețele, respectiv două bobine ale unei mașini electrice sau transformator. **R.de i.** se poate măsura și între doi electrozi aplicați pe o mostră de material izolant. **R.de i.** constă dintr-o rezistență de volum și o rezistență de suprafață, corespunzătoare conducției în interiorul materialului izolant, respectiv conducției dintr-un strat subțire de umezeală sau de depuneri semiconductoare de la suprafața materialului. **Măsurarea r.de i.** se face în curent continuu. Din cauza valorilor mari ale **r.de i.** (materialele izolante de calitate pot avea **r.de i.** de 10^{10}...10^{20}Ω), sînt necesare tensiuni ridicate și instrumente sensibile. Tensiunea de măsurare se adoptă în funcție de tensiunea nominală a echipamentelor încercate, dar nu mai mică de 100 V. La măsurarea **r.de i.** de înaltă tensiune, indicația instrumentului crește în timp, ca urmare a dispariției curenților capacitivi, de încărcare a capacității care are ca dielectric izolația de măsurat. Dacă izolația este umedă, curenții de conducție au valori importante, iar modificarea **r.de i.** în timp este mică; dacă izolația este uscată, curenții de conducție sînt mici față de curenții capacitivi și **r.de i.** se modifică considerabil în timp. Prin raportarea valorilor **r.de i.** măsurate după 60 s și după 15 s de la aplicarea tensiunii continue, se determină *coeficientul de absorbție* $k_{60} = R_{iz.60}/R_{iz.15}$, care dă un indiciu asupra gradului de umezeală a izolației. O izolație se consideră umedă și trebuie uscată înainte de punerea în funcțiune a echipamentului, dacă $k_{60} \leqslant 1,3$. **R.de i.** a **mașinilor electrice** se măsoară cu → *megohmmetre* de: 500 V, pentru tensiunile nominale sub 500 V (de ex., înfășurarea de excitație a mașinilor sincrone); 1000 V, pentru 500 V $< U_n <$ 1000 V; 2500 V, pentru $U_n >$ 1000 V. **R.de i.** minimă a mașinilor electrice rotative se poate determina cu relația $R_{iz.min} = U/(1000 + 0{,}01\,P)$, MΩ; U — tensiunea nominală, în V; P — puterea nominală, în kW sau kVA. La **transformatoare**, **r. de i.** minimă este de 300 MΩ, la tensiuni sub 35 kV și puteri sub 7,5 MVA, și de 600 MΩ peste aceste valori și peste 110 kV, indiferent de putere. Megohmmetrele folosite la încercarea transformatoarelor sînt de 1 000 V

la tensiuni sub 400 V și de 2500 V, la tensiuni superioare. **R. de i.** a instalațiilor electrice trebuie să fie mai mare decît $10^3 U, \Omega$, U fiind tensiunea nominală, în V.

rezistență de suprafață → **rezistență de izolație.**

rezistență de volum → **rezistență de izolație.**

rezistență dielectrică → **capacitate electrică.**

rezistență dinamică → **rezistență.**

rezistență echivalentă (R_e), mărime definită pentru o rețea de curent continuu față de două borne de acces, prin raportul dintre tensiunea la borne, U_b, și curentul continuu, I, $R_e = U_b/I$. La legarea în serie a n rezistoare, **r.e.** este $R_e = \sum_1^n R_k$, iar la legarea în paralel, $1/R_e = \sum_1^n 1/R_k$.

În circuitele de curent alternativ sinusoidal **r.e.** este partea reală a impedanței echivalente a circuitului.

rezistență interioară, rezistență definită pentru surse de energie (generatoare, transformatoare, pile) prin raportul dintre căderea de tensiune ohmică și curentul debitat. La surse de curent continuu, căderea de tensiune ohmică la o anumită sarcină este egală cu diferența dintre tensiunea electromotoare și tensiunea la borne, $Ir_i = U_e - U_b$. În aceste situații, puterea debitată este maximă cînd rezistența de sarcină este egală cu r.i., iar randamentul este 0,5.

rezistență în curent alternativ → **rezistență.**

rezistență liniică → **linii lungi.**

rezistență statică → **rezistență.**

rezistivitate (ϱ), mărime inversă → *conductivități electrice*, $\varrho = 1/\sigma$. Orice material are o r. finită, cu excepția vidului ideal. **R.** materialelor izotrope depinde numai de temperatura lor, dependență ce poate fi considerată lineară, pentru domenii mici de temperatură (cca 100°C), $\varrho = \varrho_0 [1 + \alpha(t - t_0)]$ unde ϱ este **r.** la temperatura t, ϱ_0 — **r.** la temperatura t_0, iar α — → *coeficientul* de variație a rezistenței cu temperatura. **R.** metalelor crește cu temperatura. Unitatea de măsură a **r.** este *ohmulmetru*, Ωm și este numeric egală cu rezistența unui cub cu muchiile de 1 m și cu rezistența de 1 Ω. Alte unități folosite: $\Omega mm^2/m$, Ωcm, $\Omega mm^2/km$. Pentru calculele practice se pot reține valorile: **r.**, la 20°C, a cuprului, $\varrho_{Cu} = 0{,}0175 = 1/57$ $\Omega mm^2/m$ și a aluminiului, $\varrho_{Al} = 0{,}03 \cong 1/33$ $\Omega mm^2/m$, precum și coeficientul de variație a **r.** cu temperatura, $\alpha_{Cu} \cong \alpha_{Al} \cong 4 \cdot 10^{-3}$ $(°C)^{-1}$.

rezistor, element de circuit cu inductivitate și capacitate neglijabile, construit pentru a avea o anumită rezistență. După utilizare, se deosebesc *r. de măsură* (→ *cutie de rezistoare*, → *rezistențe adiționale*), *r. de pornire* și *reglare a mașinilor electrice* și *r. de laborator* (→ *reostat*) și *r. de încălzire*. **R.** pot fi *fixe* sau *reglabile* (→ *potențiometru*). După modul de confecționare, se deosebesc *r. metalice*, *r. chimice* și *r. lichide*. Materialele folosite trebuie să aibă rezistivitate cît mai mare, pentru ca gabaritul **r.** să fie cît mai mic (→ *materiale de mare rezistivitate*). *R. chimice* se obțin prin depunerea grafitului prin electroliză pe un material ceramic. În exterior sînt protejate de un lac sau email. Valorile rezistenței sînt cuprinse între 25 Ω și 10 MΩ, avînd 3 clase de precizie: 1%, 5% și 10% și puteri disipate de 0,25...10 W. Temperatura maximă admisibilă este de cca 100°C. *R. bobinate* se confecționează prin înfășurarea unei sîrme din material rezistiv pe un suport tubular de sticlă sau ceramică, sau pe o carcasă izolantă. În scopul micșorării inductivității, se aplică metode

speciale de bobinare (de ex., în două sensuri). După modul de protecție se deosebesc *r. bobinate neprotejate* (de ex., pentru aparate de măsură), *r. lăcuite* și *r. glazurate*. **R.** bobinate se construiesc cu rezistențe de 20 Ω... 50 kΩ, pentru puteri disipate de 5...150 W și clase de precizie de 1,5%. *R. lichid* constă dintr-o cuvă

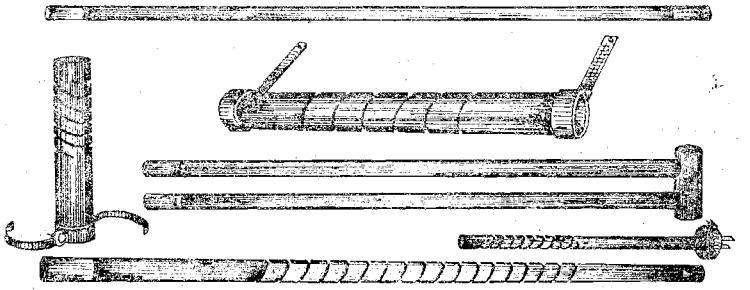


Fig. 239

în care se găsește electrolit și electrozi de o anumită formă (de ex., jumătăți de disc ce se pot roti în jurul unui ax, modificîndu-se partea introdusă în lichid). *R. de săruri topite*, cu electrozi de oțel alimentați la tensiuni reduse (8...25 V), funcționează la temperaturi de 300...900°C, în funcție de natura sării și se utilizează, de regulă, la tratamente termice (→ *cuptor electric*). *R. de încălzire* pot fi metalice sau nemetalice. **R.** metalice, utilizate pînă la temperaturi de 1000...1200°C, se confecționează din sîrmă în formă de spirală sau zig-zag, din benzi în zig-zag sau, mai rar, din țeavă sau bară, fiind fixate pe pereții cuptoarelor pe suporturi izolante sau direct pe zidăria refractară. *R. tubulare*, folosite la încălzirea apei, uleiului etc., constau din tuburi de oțel inoxidabil, în axa cărora se fixează spirale de crom-nichel, interiorul tubului fiind umplut cu oxid de magneziu cristalin, care are proprietăți electroizolante bune și o bună conductivitate termică. *R. nemetalice* se utilizează la temperaturi de peste 1200°C, fiind confecționate din carbură de siliciu (carborund) sau din disiliciură de molibden. Au formă de bare îngroșate la capete sau țevi secționate sub formă de spirală în partea de lucru (fig. 239).

rezonanță electrică, fenomen în care un circuit de curent alternativ cu elemente active și reactive absoarbe de la sursă numai putere activă, puterea reactivă circulînd numai între elementele inductive și capacitive ale circuitului. La **r.e.** factorul de putere al circuitului este egal cu unitatea. Condiția ca puterea reactivă a elementelor inductive, corespunzătoare variației energiei înmagazinate în cîmp magnetic, să fie egală cu puterea reactivă a elementelor capacitive, corespunzătoare variației energiei înmagazinate în cîmp electric, impune ca reactanța echivalentă, X_e, și susceptanța echivalentă, B_e, ale circuitului să fie nule: $Q = X_e I^2 = B_e U^2 = 0$. **R.e.** se poate obține prin variația parametrilor R, L, C ai circuitului, la frecvență dată sau prin variația frecvenței, cînd parametrii sînt dați (→ *circuit rezonant*). **R.e.** se aplică în instalațiile energetice la compensarea puterii reactive sau la combaterea armonicilor superioare, la unele aparate de măsură și în radiotehnică.

ridicător de perii → **scurtcircuitor.**

rigiditate dielectrică, mărime fizică ce caracterizează materialele electroizolante sub aspectul capacității lor de a suporta un cîmp electric fără să se străpungă. **R.d.** este egală cu intensitatea cîmpului electric pe care o mai poate suporta un dielectric, în condiții determinate, fără să fie străpuns. **R.d.** este foarte mult influențată de impuritățile din material și de temperatură. Dacă configurația electrozilor între care se aplică tensiunea este dată, **r.d.** determină o anumită tensiune maximă, numită *tensiune de străpungere*. **R.d.** se definește pentru tensiuni alternative sinusoidale și pentru tensiuni sub formă de impulsuri. Deoarece **r.d.** scade cu creșterea timpului de solicitare a dielectricului, se definesc: *r.d. instantanee*, *r.d. la încercare în timp de 1 min* și *r.d. de durată*. Măsurarea **r.d.** se face cu tensiuni continue, alternative sau cu impulsuri. Măsurarea **r.d.** a uleiului de transformator se face cu un aparat special, care constă din următoarele părți: o celulă de măsurare formată dintr-un vas de cca 300 cm³, care conține proba de ulei, și în care se află doi electrozi de cupru la o distanță de 2,5±0,1 mm (uleiul trebuie să depășească electrozii cu cel puțin 1 cm); un autotransformator reglabil; un transformator ridicător, cu tensiunea secundară de minimum 60 kV și puterea de cel puțin 250 VA; o rezistență de protecție de cca 30 kΩ, înseriată cu electrozii și un voltmetru pentru măsurarea tensiunii (fig. 240). În afară

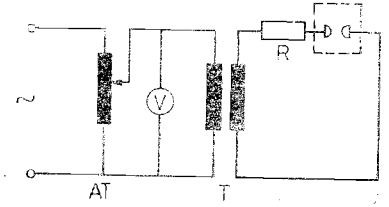


Fig. 240

de procedeul de reglare a tensiunii, la unele aparate se aplică reglarea distanței dintre electrozi. În momentul producerii unui arc permanent între electrozi, curentul se întrerupe automat. Se execută 5—6 determinări și se face media tensiunii de străpungere, care înmulțită cu un factor ce ține seama de distanța dintre electrozi, dă **r.d.**, în kV/cm. Valoarea minimă admisă pentru **r.d.** a uleiului de transformator purificat (prin centrifugare) și uscat este de 125 kV/cm.

rotor, rot (la un → *cîmp* de vectori), limită a raportului dintre circulația vectorului $\bar{V}$ de-a lungul unui contur Γ al suprafeței ΔS dintr-un plan și acea suprafață, cînd suprafața tinde

către zero, $\operatorname{rot} \bar{V} = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{1}{\Delta S} \oint_{\Gamma} \bar{V}\, d\bar{l}$.

În coordonate carteziene ortogonale x, y, z, de versori $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$, $\operatorname{rot} \bar{V} = \bar{i}\left(\frac{\partial V_z}{\partial y} - \frac{\partial V_y}{\partial z}\right) + \bar{j}\left(\frac{\partial V_x}{\partial z} - \frac{\partial V_z}{\partial x}\right) + \bar{k}\left(\frac{\partial V_y}{\partial x} - \frac{\partial V_x}{\partial y}\right)$. **R.** intervine în → *legea circuitului magnetic* și → *legea inducției electromagnetice*, scrise sub forma locală.

rotor (la o mașină electrică), partea unei mașini electrice rotative care se rotește în interiorul statorului, sau, mai rar, în exterior, avînd funcția de → *inductor* sau de → *indus*. **R.** poate fi bobinat sau nebobinat (de ex., la motoarele asincrone în colivie, la motoarele sincrone reactive sau la mașinile cu excitație cu magneți permanenți pe **r.** sau cu **r.** în formă de ghiare). Partea activă a **r.** este o componentă a → *circuitului magnetic* al mașinii, fiind constituită din pachete de tole sau → *poli*, masivi sau lamelați. Partea inactivă este formată din arbore, care se rotește în lagăre și transmite cuplul. La mașinile mici, pachetul de tole al **r.** este fixat direct pe arbore, fiind consolidat cu flanșe,

iar conexiunile electrice, la **r.** bobinate, pot fi trecute prin arborele gol. La mașini mai mari, pachetul de tole și flanșele sînt introduse pe o bucea (bucșă), iar legăturile electrice sînt trase tot prin bucea. La diametre mari ale **r.**, pachetul de tole este înclar și este fixat pe un corp suport în formă de stea, format dintr-o bucea cu brațe. Fixarea pachetului de tole de corp se face cu pene transversale, cu șuruburi izolate sau cu bolțuri. Dacă pachetul de tole este segmentat, tolele fiind formate din mai multe segmente (în cazul mașinilor foarte mari), fixarea de corpul suport se face cu bolțuri, iar îmbinarea prin coadă de rîndunică. Construcția **r.** trebuie astfel făcută încît să se permită circulația aerului, pentru răcirea pachetului de tole.

rototrol, mașină electrică amplificatoare de curent continuu. **R.** are o înfășurare de excitație serie, care întărește efectul înfășurării de comandă (reacție pozitivă de curent). O rezistență de acordare, potrivit aleasă, conectată în circuitul serie, asigură funcționarea mașinii pe porțiunea liniară a caracteristicii de magnetizare și împiedică autoexcitarea mașinii, deci funcționarea ca generator serie, fără semnal de comandă. În comparație cu → *regulexul*, **r.** are o funcționare mai stabilă, fiind un element de tip integral (element de întîrziere de ordinul II).

ruptor, aparat electric de comutație, care întrerupe un circuit electric și îl menține deschis, atîta timp cît asupra lui se exercită o comandă din exterior. **R.** este asemănător cu → *contactorul*, dar spre deosebire de el, are contactele principale normal închise. Comanda **r.** poate fi electromagnetică, mecanică, pneumatică sau hidraulică. Un tip special de *r. cu comandă mecanică*, cu came, este **r.** instalației de aprindere la motoarele cu explozie (→ *aprindere electrică*). La *r. electromagnetice*, circuitul este menținut deschis atîta timp cît bobina electromagnetului de acționare este parcursă de curentul de comandă. **R.** electromagnetice, de curent continuu sau alternativ, se aplică la comanda motoarelor electrice, în automatizări etc. Constructiv, **r.** sînt asemănătoare cu contactoarele, avînd armătură basculantă sau cu mișcare de translație. La curenți mari, **r.** sînt prevăzute cu → *camere de stingere*. Bobinele se alimentează, de preferință, la tensiuni reduse. În lipsa curentului de comandă, contactele principale sînt menținute în poziția închis de un resort puternic; prin alimentarea electromagnetului, forța exercitată asupra armăturii învinge forța resortului și contactele se deschid. În afară de contacte principale, **r.** mai au contacte auxiliare, pentru blocare, semnalizare etc. *R. de curent continuu*, folosite frecvent în tracțiunea electrică, se construiesc pentru curenți pînă la 600 A și tensiuni pînă la 750 V, avînd frecvențe de conectare de 150... ...2000 conectări pe oră. *R. de curent alternativ*, mai puțin utilizate, au curenți nominali pînă la 600 A și tensiuni pînă la 600 V, la frecvențe de 600 conectări pe oră.

S, Ş

s, simbol pentru alunecare.

s, simbol pentru protecție antiexplozivă specială.

S, simbol pentru polul sud.

S, simbol pentru → **putere aparentă**.

S, **siemens**

S, simbol literal pentru → **vectorul lui Poynting**.

sarcină, putere debitată de un sistem de producere, transformare, transport sau conversie a energiei electrice. Variația în timp pe o perioadă determinată, a s. unui sistem energetic sau a unui consumator reprezintă → *curba de* s. Un sistem poate funcționa la **s.** *nominală* (→ *date nominale*), *suprasarcină*, **s.** *redusă* sau s. *nulă* (→ *regim de funcționare*). La rețelele de curent alternativ trifazate se deosebesc **s.** *echilibrate* și **s.** *dezechilibrate*, după cum încărcarea celor trei faze este aceeași sau nu. La motoare, interesează variația vitezei unghiulare cu s., care poate fi puterea mecanică sau cuplul rezistent la arbore, iar la generatoare, variația tensiunii cu încărcarea (→ *caracteristici de funcționare*). În sistemele de curent alternativ, s. se exprimă în unități de putere, activă, reactivă sau aparentă, iar în anumite condiții, determinate, de impedanță. La sistemele de curent continuu, s. se exprimă în unități de putere, sau dacă tensiunea de alimentare este constantă, în unități de curent (de ex., la instalațiile electrochimice). Sin. *încărcare*.

sarcină electrică (**q**, **Q**), mărime fizică scalară, care caracterizează starea de electrizare a unui corp. Între corpurile încărcate cu **s.e.** se exercită forțe de natură electrică (→ *teorema lui Coulomb*), care nu pot fi explicate prin legile mecanicii. S.e. a unui corp este egală cu raportul dintre forța exercitată asupra corpului F_e și → *intensitatea cîmpului electric* în vid, presupus uniform, E_v, în care este introdus corpul, $q = F_e/E_v$. S.e. poate avea valori pozitive sau negative. Prin convenție, s.e. obținută prin electrizarea unei vergele de sticlă, frecate cu o bucată de mătase, este considerată pozitivă. Forțele exercitate între corpuri încărcate cu s.e. de același fel sînt de respingere, iar între corpuri încărcate cu s.e. de semn diferit, sînt de atracție. Sensul forței pe care o exercită în vid cîmpul electric asupra unui mic corp metalic sau metalizat încărcat cu s.e. pozitivă (*corp de probă*), este sensul vectorului intensitate de cîmp electric în vid. **S.e.** este conservativă (→ *legea conservării* **s.e.**); ea nu poate fi creată și nici distrusă, poate fi numai deplasată. **S.e.** este invariantă la schimbarea sistemului de referință. *Teoria microscopică* a cîmpului electromagnetic arată că s.e. este cuantificată, cea mai mică **s.e.** fiind *s.e. elementară* (s.e. negativă a → *electronului*). Starea de încărcare electrică corespunde excesului sau lipsei de **s.e.** elementare (→ *gol*). Starea de → *polarizare dielectrică* este efectul macroscopic al repartiției nesimetrice a particulelor microscopice încărcate cu s.e., legate în atomi și molecule, în urma căreia se formează → *dipoli elementari*. În *teoria macroscopică* a cîmpului electromagnetic se admite că s.e., numită și

s.e. *adevărată* (**reală**) poate avea orice valoare și poate fi variată în mod continuu. S.e. adevărată este sursa cîmpului → *inducție electrică* $\overline{D}$, $q = \int_{\Sigma} \overline{D}\,\overline{ds}$, $\rho = \operatorname{div} \overline{D}$, ρ fiind densitatea volumetrică a **s.e.** adevărate (→ *legea fluxului electric*). **S.e.** *dipolară* este **s.e.** q_d a unui dipol electric de moment electric $\overline{p} = q_d \overline{l}$. *S.e. de polarizație*, q_p, este determinată de excesul local al unor **s.e.** dipolare de un anumit semn, față de **s.e.** de semn contrar (de ex., **s.e.** necompensate de pe suprafața unui dielectric aflat în cîmp electric, fig. 241). **S.e.** de polarizație sînt sursele cîmpului → *polarizație electrică*. Densitatea de volum ρ_p

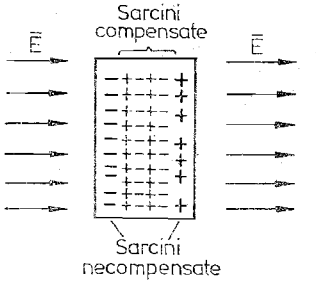


Fig. 241

a **s.e.** de polarizație este egală și de semn contrar cu divergența vectorului polarizație electrică $\overline{P}$, $\rho_p = -\operatorname{div} \overline{P}$. **S.e.** de polarizație, $q_{p\Sigma}$, a unei porțiuni de corp cuprinse în interiorul unei suprafețe Σ este egală și de semn contrar cu integrala de suprafață a vectorului polarizație electrică pe suprafața considerată, $q_{p\Sigma} = -\int_{\Sigma} \overline{P}\,\overline{ds}$. S.e. de polarizație a unui corp întreg este nulă, deci ea nu poate fi pusă în evidență experimental prin aceleași procedee ca și **s.e.** adevărată. **S.e.** a corpurilor conductoare se numește **s.e.** *liberă*, deoarece se poate deplasa liber. **S.e.** liberă este media macroscopică a **s.e.** microscopice. Pentru un corp întreg, **s.e.** liberă este egală cu cea adevărată. **S.e.** din corpurile dielectrice sînt *s.e. legate* (de polarizație), fiind sub acțiunea unor forțe elastice, ce le permite să se deplaseze, sub acțiunea unor forțe electrice, numai pînă la distanța la care se stabilește un echilibru între forțele electrice și forțele elastice, dînd naștere unor **s.e.** dipolare induse. Corpurile dielectrice pot fi, însă, și sediul unor **s.e.** adevărate, aduse din exterior (de ex., prin electrizare). S.e. adevărate și s.e. de polarizație (legate), induse prin polarizarea dielectricului, sînt sursele cîmpului intensitate de cîmp electric $\overline{E}$, $\rho + \rho_p = \varepsilon_0 \operatorname{div} \overline{E}$, $\int_V (\rho + \rho_p)\,dv = \int_{\Sigma} \varepsilon_0 \overline{E}\,\overline{ds}$. Unitatea de măsură a **s.e.** este *coulombul*, C; 1 C = 1 A · 1 s. Unitatea de măsură a **s.e.** este aceeași atît în sistemele de măsură raționalizate, cît și în cele nerațional izate (→ *raționalizare a sistemului de unități*). Sin. *cantitate de electricitate*.

sarcină electrică adevărată → **sarcină electrică**.

sarcină electrică de polarizație → **sarcină electrică**.

sarcină electrică dipolară → **sarcină electrică**.

sarcină electrică elementară → **sarcină electrică**.

sarcină electrică legată → **sarcină electrică**.

sarcină electrică liberă → **sarcină electrică**.

sarcină magnetică de polarizație (q_m), mărime scalară fictivă (nepusă în evidență experimental), care poate caracteriza starea de magnetizație a

corpurilor și permite studiul cîmpului magnetic în regim staționar (de ex., în magneți permanenți) cu metodele electrostaticii. Cîmpul magnetic al vectorului intensitate de cîmp, $\overline{H}$, se consideră un cîmp potențial, care ar avea ca surse **s.m.de p.** cu densitatea de volum ρ_{mv}: $\rho_{mv} = \mu_0 \operatorname{div} \overline{H} = -\mu_0 \operatorname{div} \overline{M}'$, $\overline{M}'$ fiind vectorul magnetizație, μ_0 — permeabilitatea magnetică a vidului. **S.m.de p.** nu are interpretare microscopică.

sarcină specifică, densitate de sarcină electrică.

saturație electrică → **feroelectricitate.**

saturație magnetică → **feromagnetism.**

schemă bloc → **schemă electrică.**

schemă de cablare → **schemă electrică.**

schemă de conexiuni → **schemă electrică.**

schemă de montare → **schemă electrică.**

schemă de distribuție → **schemă electrică.**

schemă desfășurată → **schemă electrică.**

schemă electrică, reprezentare simplificată grafică a unui circuit electric, a unei instalații electrice sau a unui echipament electric, în care apar, figurate prin → *simboluri*, elementele esențiale ale acestora și legăturile electrice dintre ele. Marcarea elementelor, reprezentate prin simboluri grafice (semne convenționale), se face cu simboluri literale, ce indică grupa din care fac parte (întreruptoare, contactoare, dispozitive de protecție, rezistoare, mașini electrice etc.). **S.e.** se utilizează la studiul, proiectarea, executarea și repararea echipamentelor și instalațiilor electrice. În general, **s.e.** se împart în scheme funcționale și scheme de montare. S. e. f u n c ț i o n a l e se clasifică în scheme tehnologice, scheme bloc, **s.e.** de alimentare (distribuție), **s.e.** desfășurate (de principiu), **s.e.** generale. 1) *Schemele tehnologice*, folosite, în special, la instalațiile de automatizare, reprezintă legăturile funcționale dintre diferitele elemente, de ex., fluxul tehnologic comandat automat. 2) *Schemele bloc* arată principiul de funcționare a unui echipament, aparat sau instalație complexă, pe baza legăturilor funcționale dintre diferitele su ansambluri, reprezentate prin figuri geometrice simple (patrate, dreptunghiuri etc.) și simbolizate prin litere și cifre (de ex., → *acționare electrică*). 3) *Schemele de distribuție* sînt, de regulă → *scheme monofilare* ale circuitelor de alimentare a instalației, fără să cuprindă circuitele secundare (de comandă, protecție, semnalizare). **S.e. de distribuție** cuprinde și o legendă a elementelor figurate. 4) *Schemele desfășurate* cuprind atît circuitele primare (de putere), cît și circuitele secundare, cu toate elementele dispuse într-o ordine logică, de regulă alta decît amplasarea lor reală în instalație, pentru a putea urmări mai ușor legăturile funcționale dintre ele. În afară de elemente, se mai marchează bornele și conductoarele de legătură, atît la aparate, cît și la șirul de cleme. Fiecare circuit este numerotat, iar sub circuite se indică locul unde se află contactele, normal închise sau normal deschise, ale aparatelor de comutație din circuitul respectiv. Schema desfășurată trebuie să cuprindă lista întregului echipament, diagramele funcționale ale unor aparate de comutație (controlere, comutatoare, chei de comandă) și o manșetă, în care se înscrie rolul fiecărui circuit sau grup de circuite. 5) *Schemele generale*, utilizate numai în cazuri speciale, cuprind atît elemente ale schemelor funcționale, cît și ale schemelor de montare. S c h e m e l e d e m o n t a r e pot fi scheme de conexiuni și scheme de cablare. 1) *Schemele de conexiuni* se utilizează la montarea echipamentelor și constituie desenele de execuție după care se efectuează legăturile dintre

aparate, șiruri de cleme din tablouri, pupitre sau dulapuri și legăturile dintre subansambluri. Aparatele sînt reprezentate în ordinea amplasării în instalație, ceea ce face ca aceste **s.e.** să nu poată servi la înțelegerea funcționării sistemului. 2) *Schemele de cablare* cuprind echipamentele instalației reprezentate sub formă de blocuri, precum și legăturile cu cabluri sau conducte dintre diferitele părți componente ale instalației.

schemă electrică echivalentă, schemă electrică alcătuită din elemente de circuit idealizate (rezistoare, bobine, condensatoare), ale căror parametri sînt stabiliți pe bază de echivalență, pentru anumite regimuri de funcționare. **S.e.e.** pot reprezenta sisteme electrice (rețele, aparate, mașini, utilaje electrice, de ex. → *mașina asincronă*, → *transformatorul*), precum și sisteme neelectrice (de ex., sisteme oscilante, transmiterea căldurii etc.). **S.e.e.** a unei bobine cu miez de fier în curent alternativ de o anumită frecvență poate fi reprezentată ca în fig. 242, în care apar ca elemente

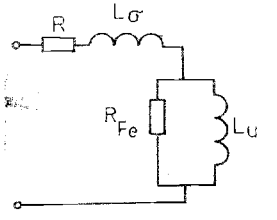


Fig. 242

rezistența înfășurării, R, inductivitatea de scăpări, L_σ, rezistența, R_{Fe}, corespunzătoare pierderilor în fier la o anumită tensiune aplicată la borne, și inductivitatea utilă, L_u. **S.e.e.** a unui condensator cu pierderi cuprinde un condensator ideal (fără pierderi), în paralel cu o rezistență R_p corespunzătoare pierderilor în dielectric la o anumită tensiune și frecvență (fig. 243). **S.e.e.** ale sistemelor neelectrice se stabilesc pe bază de → *analogie*.

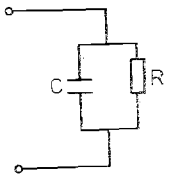


Fig. 243

schemă funcțională → **schemă electrică.**

schemă monofilară, schemă electrică a unui sistem trifazat (centrală electrică, stație, post de transformare, linie electrică sau consumator) în care se indică numai elementele aferente unei faze și, eventual, a conductorului neutru (dacă există), legăturile celorlalte două faze fiind identice. **S.m.** sînt scheme de principiu (→ *scheme desfășurate*) și pot cuprinde aparate de măsură și protecție, fără legături electrice. În schemele de instalații electrice, **s.m.** apar pe → *schemele de distribuție*.

schemă tehnologică → **schemă electrică.**

scînteie electrică, descărcare electrică în arc de scurtă durată, la presiunea atmosferică, localizată într-un canal lung și ramificat. **S.e.** se produc în procesul de electrizare, în instalațiile de înaltă tensiune (între electrozi speciali, de regulă de formă sferică, utilizați la măsurarea tensiunilor de valori foarte mari, cu precizie de $\pm 3\%$), sau la închiderea și deschiderea circuitelor electrice. *S.e. de închidere* a circuitelor alimentate cu tensiune, ce depășește o anumită valoare, se produc ca urmare a străpungerii dielectricului dintre contacte, la creșterea intensității cîmpului electric peste o valoare determinată. *S.e. de deschidere*, se produc, peste anumite limite de tensiune și curent,

determinate de materialul contactelor, datorită fenomenului de autoinducție, care tinde să mențină curentul prin circuit. Micșorarea s.e. la deschiderea contactelor se poate obține prin conectarea unor condensatoare în paralel cu contactele, care, în momentul deschiderii circuitului, se încarcă, preluînd curentul care ar produce ionizarea mediului și apariția descărcării electrice. *S.e. la periile mașinilor electrice* (→ *comutație*) sînt constituite din particule de material incandescente. Scînteierea provoacă o uzare prematură a periilor, inelelor colectoare sau a lamelelor de colector. S.e. la colector apar din cauze *electrice*, ca urmare a creșterii densității de curent la începutul sau sfîrșitul perioadei de comutație, grăbită sau întîrziată, și din cauze *mecanice* (defecte la colector, colector excentric sau ovalizat, echilibrarea defectuoasă a rotorului, suprafața neregulată a colectorului, ieșirea lamelelor sau a izolației, defecte la portperii, presiune necorespunzătoare pe perie etc.). S.e. la inele, la motoarele asincrone cu rotor bobinat sau la mașini sincrone, sînt mult mai reduse și se produc, de regulă, din cauze mecanice.

scurtcircuit, legătură electrică conductoare, de rezistență (impedanță) foarte mică, între două puncte de potențiale diferite ale unei instalații electrice sau ale unui echipament electric. S.e. între un punct al unei rețele și pămînt constituie → *punere la pămînt*, iar dacă s.e. se face prin intermediul părților metalice ale echipamentelor, care în mod normal nu sînt sub tensiune, este vorba de o → *punere la masă*. S.e. pot fi voite sau accidentale. *S.e. voite* se fac cu scopul de a stabili un anumit regim de funcționare (de ex., scurtcircuitarea periilor la motoarele asincrone cu rotor bobinat), de a încerca (de regulă, la tensiuni reduse) anumite echipamente pentru determinarea unor parametri (de ex., încercarea de s.e. la transformator sau la mașina sincronă), sau de a proteja personalul în timpul executării unor lucrări (→ *scurtcircuitor*). *S.e. accidentale* sînt produse de următoarele cauze: deteriorarea izolației (de ex., prin încălzire excesivă sau prin îmbătrînire), defecțiuni mecanice (ruperea conductoarelor, deteriorarea izolatoarelor sau distrugerea cablurilor prin lovire), cauze atmosferice (lovituri de trăsnet, apropierea conductoarelor provocată de vînturi puternice) sau regimuri anormale în funcționarea rețelelor și stațiilor electrice (manevre greșite, deschiderea separatoarelor sub sarcină, supratensiuni de comutație de valori mari care pot provoca conturnarea sau distrugerea izolatoarelor etc.). S.e. sînt caracterizate de curenți mari (→ *curent de scurtcircuit*), care produc încălziri excesive (periculoase, în special, la mașini electrice și la linii electrice subterane de medie tensiune), solicitări electrodinamice inadmisibile (de ex., la transformatoare și la bobine de reactanță se pot distruge bobinele din cauza forțelor radiale și axiale), pierderi mari de tensiune și → *influențe electromagnetice*, în special, la s.e. care determină componente omopolare de valoare mare (de ex., la punerile la pămînt monofazate). Prevenirea acțiunii curenților de s.e. se face cu mijloace de protecție adecvate (→ *protecția instalațiilor electrice*, → *protecția motoarelor*, → *protecția generatoarelor*, → *protecția transformatoarelor*, → *protecția ventilelor semiconductoare*). La rețele electrice, valoarea curenților de s.e. este determinată de puterea surselor de alimentare și de impedanța circuitului pînă la locul defectului. Limitarea curenților de s.e. se face cu ajutorul → *bobinelor de reactanță* și printr-o → *tratare a neutrului* adecvată, în scopul micșorării curenților de punere la pămînt a unei faze. La mașini electrice, valoarea curenților de s.e. este determinată de rezistențele și → *reactanțele* înfășurărilor.

scurtcircuitor, aparat sau dispozitiv cu care se efectuează o operație de

scurtcircuitare voită la o instalație sau echipament electric. Există mai multe tipuri: 1) *S.de protecție* este un aparat de comutație ultrarapidă (timpul de acționare de cca 3 ms) folosit la → *protecția ventilelor semiconductoare*. 2) *S.de încercare* din instalațiile de testare a capacității de rupere a aparatelor de comutație. Au capacitate de anclanșare de ordinul sutelor de mii de A, acțiune rapidă (10...15 ms) și sînt acționate, de regulă, pneumatic. 3) *S.de inele* servește la scurtcircuitarea inelelor motoarelor asincrone cu rotor bobinat după terminarea procesului de pornire, în scopul eliminării pierderilor prin efect Joule la perii. Unele s. sînt combinate cu dispozitivul de ridicare a periilor, care are rolul de a elimina pierderile mecanice prin frecare la perii și uzarea prematură a periilor. Dispozitivul de scurtcircuitare și de ridicare a periilor *(ridicător de perii)* este acționat printr-o singură manevră. 4) *S.de protecție și de legare la pămînt* este folosit la executarea lucrărilor în instalațiile scoase de sub tensiune, avînd rolul de a descărca capacitățile constituite de conductoarele cablurilor sau ale liniilor aeriene, de a proteja personalul de tensiunile produse prin → *influență electrostatică* și → *influență electromagnetică* și de a preveni consecințele periculoase ale omiterii scoaterii de sub tensiune sau ale conectării greșite sub tensiune a instalațiilor la care se lucrează. Părțile esențiale ale unui astfel de s. sînt clemele de conectare la pămînt și la conductor, funia de cupru de legătură cu priza de pămînt și → *prăjina izolantă*. Prima operație trebuie să fie, întotdeauna, conectarea clemei la priza de pămînt de protecție.

scut, parte componentă a mașinilor electrice de putere mică și medie, care susține unul din lagăre. S. se fixează de carcasă cu șuruburi. La mașinile electrice cu fixare prin flanșă, s. preia și rolul de susținere a mașinii, care poate funcționa în poziție verticală sau orizontală. Mașinile electrice de mare putere, cu lagărele separate, nu au s., ci numai niște apărători pentru înfășurări sau piese ușoare pentru închiderea mașinii în vederea protecției sau a răcirii. Sin. *capac lateral*.

secționarea liniei de contact, împărțire a liniei de contact de tracțiune electrică în secții, care pot fi izolate una de alta, din considerente de exploatare sau întreținere. S.l.de c. urmărește crearea de mijloace de izolare a unei secții avariate sau la care se execută lucrări, fără ca restul liniei de contact să fie scoasă de sub tensiune. La căile ferate duble, cele două → *suspensii catenare* sînt secționate *longitudinal* cu ajutorul izolatoarelor de secționare, ca în fig. 244. În

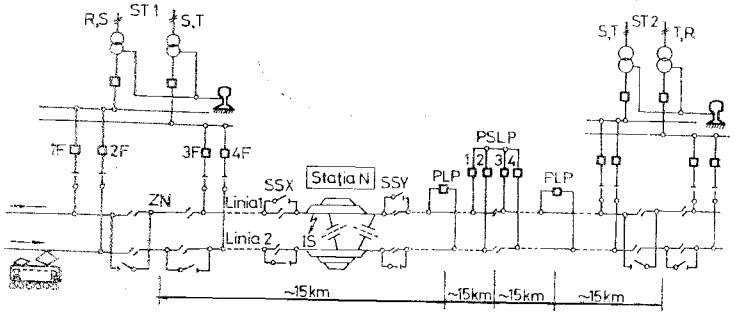


Fig. 244

punctele de legare în paralel (*PLP*), construite în scopul micșorării pierderilor de tensiune, întreruptoarele se deschid, automat, la dispariția tensiunii, și se încbid, de asemenea automat, numai dacă există tensiune pe ambele linii. Chiar dacă conexiunea paralel este făcută, datorită încărcării diferite a celor două căi, între cele două linii de contact pot să existe diferențe de potențial de cîteva mii de V, fapt de care trebuie să se țină seama la executarea lucrărilor sub tensiune cu turnul izolant (izolatoarele de secționare trebuie scurtcircuitate). *S.l.de c. transversală* se face cu ajutorul *separatoarelor de secționare* din dreptul joncțiunilor izolate, la ieșirea și intrarea în stații, precum și în *posturile de secționare și de legare în paralel* (fig. 244). **S.l.de c.** în secții de „linie curentă" și secții de „stații" este rațională, deoarece rețeaua de contact din stații trebuie, adesea, scoasă de sub tensiune, fie datorită deranjamentelor mai frecvente, rețeaua fiind mai complexă, fie datorită lucrărilor de întreținere, mai voluminoase. De ex., dacă trebuie scoasă de sub tensiune linia 1 din stația *N* (fig. 244) se deschid separatoarele de secționare *SSX* și *SSY*, fiecare parte a frontului de lucru fiind protejată de puneri la șină ale firului de contact (*→ scurtcircuitor*). Trecerea pantografelor pe sub joncțiunile izolate cu separatoare deschise și pe sub izolatoarele de secționare este interzisă în această situație, pentru a nu se transmite tensiunea la rețeaua deconectată și pusă la șină. La producerea unui scurtcircuit se izolează automat întreaga linie afectată, cuprinsă între substația de tracțiune și postul de secționare (de ex., de către întreruptoarele automate *3F* și 1, fig. 244, precum și de întreruptorul automat din *PLP*, care rămîne deschis pe toată durata cînd linia 1 este deconectată). Izolarea, în continuare, a secției deranjate (linia 1 din stația *N*) se face fie prin comandă la distanță, de la pupitrele de comandă din stație, fie prin telecomandă, de la dispecerul energetic. Dacă scurtcircuitele sînt trecătoare, fiind produse, de ex., de crengi sau păsări mari, sistemele *→ RAR* cu acționare dublă restabilesc automat alimentarea liniei de contact.

seevență, succesiune de fenomene sau ordine de variație a mărimilor unui sistem electric. Un sistem de tensiuni trifazice poate avea s. directă, inversă sau omopolară. La sistemul de *s. directă*, tensiunea obține valoarea maximă întîi la faza 1, apoi, la 2 și, apoi, la 3; la *s. inversă*, valoarea maximă a tensiunii apare, în timp, în ordinea 1, 3, 2; tensiunile de *s. omopolară* sînt în fază, valorile maxime se obțin în același moment (*→ componente simetrice*).

selsin (pl. selsine), micromașină de curent alternativ traductoare de poziție, care transformă deplasările unghiulare în semnale electrice. Un sistem de transmitere la distanță a deplasărilor unghiulare cuprinde două s., a căror construcție este, de regulă, identică: emițătorul (sincrogeneratorul) și receptorul (sincromotorul). S. se pot utiliza în regim indicator, transformator sau diferențial. Construcția s. este asemănătoare cu a motoarelor asincrone cu inele sau cu a mașinii sincrone, avînd o înfășurare trifazată (de sincronizare) și o înfășurare monofazată (de excitație), amplasată pe stator sau pe rotor, pe poli aparenți sau înecați (fig. 245). Dacă polii sînt pe rotor, sînt necesare numai două inele în loc de 3, ceea ce micșorează frecările și mărește sensibilitatea s., iar înfășurarea trifazată fiind pe stator, se asigură o egalitate mai riguroasă a rezistenței celor 3 faze, deci o precizie mai ridicată. La unele s. receptoare se prevăd bare amortizoare de cupru (la fel ca la mașina sincronă), pentru reducerea oscilațiilor rotorului. Pentru reducerea cuplului rezistent și în scopul utilizării în medii cu pericol de explozie s-au

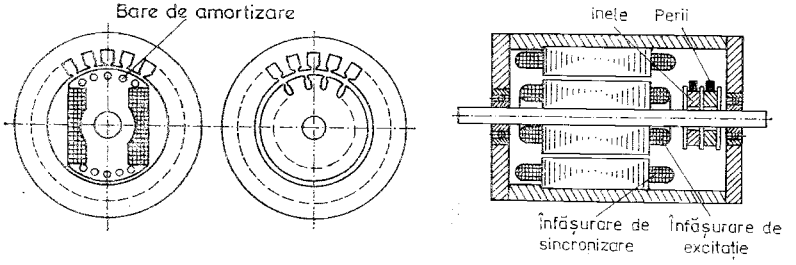


Fig. 245

construit *s. fără contacte*, la care ambele înfășurări sînt pe stator. Aceste s. dezvoltă, însă, cupluri mult mai mici decît *s.cu inele de contact* (10^{-4} Nm față de 10^{-1} Nm). *S. în regim indicator* servesc la transmiterea la distanță a indicațiilor unor instrumente de măsură sau a pozițiilor unghiulare (de ex., poziția unui indicator de nivel la un rezervor). Înfășurările de sincronizare sînt conectate printr-o linie trifazată, iar înfășurările de excitație sînt alimentate printr-o linie de curent alternativ monofazat, de 50, 400 sau 500 Hz (fig. 246).

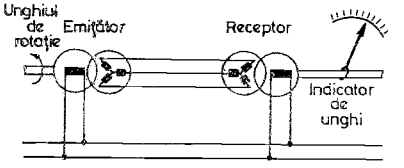


Fig. 246

Atîta timp cît rotoarele celor două s. se află în aceeași poziție față de stator, prin înfășurările de sincronizare nu circulă curenți. La apariția unei decalări a poziției s. emițător față de cea a s. receptor, prin înfășurările de sincronizare apar curenți care produc cupluri ce rotesc rotorul s. receptor pînă la anularea dezacordului de unghi. *S.în regim transformator (traductor)* se utilizează cînd sînt necesare cupluri mai mari, la acționarea unor mecanisme (de ex., ventile, antene radar etc.). La bornele înfășurării de excitație a s. receptor se conectează un amplificator (fig. 247), care comandă un element de execuție (de ex., un servomotor). Acesta acționează atît mecanismul de lucru, cît și rotorul s. receptor, pînă la obținerea acordului unghiular, la poziționarea dorită. În această situație, tensiunea de la bornele de excitație ale s. receptor devine zero și rotorul său

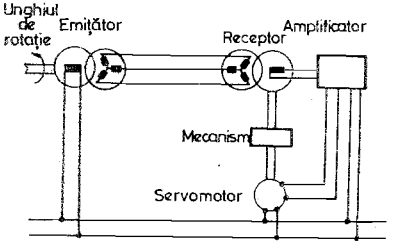


Fig. 247

se oprește. În *regim diferențial* între s. emițător și s. receptor se intercalează un s. diferențial, care primește atît semnale electrice (de la s. emițător), cît și semnele de corecție, unghiulare (fig. 248).

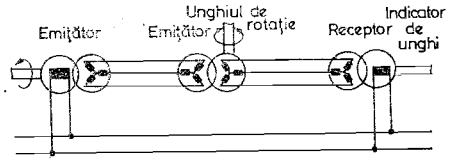


Fig. 248

semiconductor, material care are conductivitatea electrică cuprinsă între cea a metalelor și cea a izolanților, mult influențată de condițiile de preparare (prezența impurităților) și de lucru (temperatură, iluminare etc.). S. sînt caracterizați de o lățime relativ redusă a benzii de energie interzise (→ *conducție electrică*), încît un electron de valență, ca să poată deveni liber, are nevoie de un aport energetic din exterior relativ redus (la siliciu 1,1 eV, la germaniu 0,76 eV). *S.cu conductivitate intrinsecă* sînt practic lipsiți de impurități, iar purtătorii de sarcină provin din banda de valență, prin ridicarea temperaturii, prin iluminare, sub acțiunea unui cîmp electric etc. *S.cu conductivitate extrinsecă* au în structura lor cristalină impurități controlate (un atom străin la cca 10^6 atomi ai s.) ale căror nivele energetice se află în banda interzisă a s. Dacă nivelul energetic al impurității este situat foarte aproape de banda de conducție (cazul impurităților pentavalente, de ex., Sb, fig. 249,a), chiar la temperatura ambiantă atomii impurităților furnizează cîte un electron liber (în banda de conducție); aceste impurități se numesc *donoare* de electroni. Purtătorii majoritari sînt electroni, iar conducția se numește *electronică* sau de tip *n*. Impuritățile trivalente (de ex., Al, fig. 249, b) sînt acceptoare de electroni deoarece au nivele energetice, în banda interzisă a s., foarte aproape de banda de valență, încît la temperatura ambiantă, fiecare atom al impurității captează cîte un electron de la atomii vecini, devenind ion negativ fixat în rețeaua cristalină. Atomii rămași, fără un electron (cu *gol* de electroni), pot lua electroni de la atomii vecini, astfel că deplasarea electronilor echivalează cu deplasarea în sens invers a golurilor, adică a sarcinilor pozitive. Conducția este *lacunară* (cu goluri), iar s. are o structură de tip *p*. (În realitate fenomenele sînt mai complicate, căci electronii liberi sînt în banda de conducție, iar golurile, în banda de valență). La joncțiunea dintre s. de tip *p* cu un s. de tip *n* se manifestă un efect de redresare (→ *diodă*). În electronica de putere, principalul material s. este → *siliciul* monocristalin, de dimensiuni mari, obținut prin diferite tehnici de creștere a cristalelor (de ex., topirea zonară). Monocristalul de siliciu, de regulă în formă de bară cilindrică, este tăiat în rondele subțiri, care se șlefuiesc, se polizează și se purifică. Obținerea joncțiunilor dispozitivelor electronice de putere se bazează, în principal, pe metoda alierii sau difuziei (la s. pentru electronica informațională se aplică tehnologia planară, mesa, epitaxia etc.). *Metoda alierii* de obținere a joncțiunii *pn* constă în aplicarea de picături de elemente impurificatoare (de ex., Sb) pe o tabletă de siliciu cu structură de tip *p* (sau de elemente acceptoare, pe o structură *n*), la temperatura de 500...600°C. Se produce o dizolvare a siliciului în stibiu, iar în procesul de răcire se formează cristale de siliciu saturate cu stibiu (sau indiu), cu structură de tip *n* (sau *p*). *Metoda difuziei* constă în introducerea s., aflat la temperaturi apropiate de cea de topire (700...1300°C), într-o atmosferă, care conține materialul de dopare (de ex., bor sau fosfor vaporizat) în stare gazoasă. Atomii impurității difuzează de la suprafața s. înspre interior, concentrația depinzînd de presiunea parțială a gazului de dopare, de constanta lui de difuzie, de temperatură și de durata procesului.

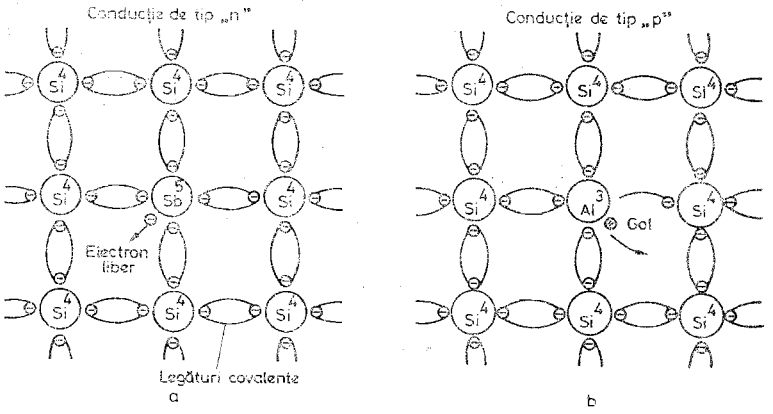


Fig. 249

semnalizare, ansamblul operațiilor de producere, transmitere și recepție a unor semnale acustice și optice, care indică la distanță, modificarea stării de funcționare a unui echipament electric, precum și apariția unor deranjamente sau avarii. *S. optice* se fac cu lămpi, cu casete luminoase, cu elemente electroluminescente (de ex., diode electroluminescente) sau, cu dispozitive speciale (→ *relee de* s., → *selsine*, indicatoare electromagnetice de poziție etc.). *S. acustice* se execută cu sonerii, gonguri sau claxoane (hupe), sau cu instalații electroacustice (difuzoare). În centralele și stațiile electrice, pentru indicarea poziției întreruptoarelor automate și a separatoarelor se folosesc frecvent chei de comandă (comutatoare) speciale, cu lampa de s. inclusă în aparat, amplasate pe tablouri de comandă cu schemă oarbă (*schemă mnemonică*). Cînd mînerul comutatorului se află în prelungirea liniei schemei, se indică poziția *închis*, iar cînd este perpendicular pe linie, poziția *deschis*. Corespondența dintre poziția indicată de comutator și cea a aparatului de comutație este confirmată de lumina continuă, iar neconcordanța, prin lumină pîlpîitoare. La tablourile cu scheme luminoase (luminoscheme), diferențierea pozițiilor închis-deschis se face prin variația intensității luminoase, prin schimbarea culorii (roșu-verde) sau prin schimbarea poziției semnalului luminos (în prelungirea liniei schemei — închis, perpendicular, deschis).

separator, aparat de comutație folosit la conectarea și deconectarea vizibilă a circuitelor al căror curent a fost, în prealabil, întrerupt cu ajutorul întreruptoarelor automate. S. sînt necesare pentru scoaterea de sub tensiune a anumitor părți ale instalațiilor, secționarea lor vizibilă în vederea executării unor lucrări de revizii și reparații, sau pentru modificarea schemei de alimentare (de ex., trecerea de pe un sistem de bare

pe altul, de pe un generator pe altul etc.). S. nu sînt prevăzute cu dispozitive de stingere a arcului, deci nu pot întrerupe curenții, cu excepția unor s. speciale, *de sarcină*, care tind să se aplice tot mai mult la deconectarea liniilor în gol sau a transformatoarelor fără sarcină (întreruperea curenților de mers în gol). Manevrarea unui s. în sarcină constituie o avarie, care poate provoca distrugerea aparatelor sau a barelor colectoare, producerea de incendii, motiv pentru care s. au blocaje electromagnetice care împiedică deschiderea lor cînd întreruptoarele automate sînt conectate. S. sînt, în general, aparate de înaltă tensiune, neautomate (fiind manevrate la comanda operatorului). S. de joasă tensiune se folosesc numai la instalații de curenți mari (peste 200 A); la curenți mai mici, separarea se face, după deschiderea întreruptorului, prin scoaterea siguranțelor fuzibile sau cu ajutorul întreruptoarelor de sarcină (cu pîrghie). S. pot avea acționare manuală, pneumatică, electromagnetică sau cu motor electric (→ *dispozitiv de acționare*). După locul de amplasare, s. sînt *de interior* (simbol I) sau *de exterior* (simbol E). S. pot fi *monofazate*, *bifazate* sau *trifazate*. După numărul de poli (polul fiind ansamblul elementelor ce aparțin unei singure faze), s. sînt *monopolare* (simbol M), utilizate, de regulă, la tensiuni înalte (peste 30 kV), sau *tripolare* (simbol T), folosite, din considerente de exploatare, în special la tensiuni sub 30 kV. La unele s. de înaltă tensiune se prevăd *contacte de punere la pămînt*, care servesc la legarea instalației scoase de sub tensiune la priza de pămînt, în scop de protecție pe timpul efectuării lucrărilor de revizie sau reparații (simbol P). Acționarea dispozitivelor de punere la pămînt, de regulă manuală, se poate face numai cînd s. este deschis, folosindu-se în acest scop blocaje mecanice. S. fabricate în țară au tensiuni de 3...35 kV (de interior) și 10...400 kV (de exterior) și curenți de 200...3150 A (I) respectiv 200...1 600 A (E). Ex. de simbolizare: SMEP-35/1250 — s. monopolar, de exterior, cu cuțite de punere la pămînt, 35 kV, 1 250 A. După modul de mișcare a contactelor, s. se clasifică în: 1) *s.cuțit (s.tip pîrghie)*, la care cuțitul de contact se rotește în planul format de axele izolatoarelor, care sînt fixe (fig. 250,*a*). La unele s. de exterior, ale căror contacte pot fi acoperite cu gheață, se dă piesei mobile o mișcare suplimentară de rupere a gheții, înaintea mișcării de deschidere; 2) *s.rotative* au piesele de contact de forma unor tije fixate pe izolatoare suport, care se rotesc în jurul axei lor (fig. 250,*b*); 3) *s.basculante* (fig. 250,*c*) au piesele de contact fixate pe izolatoare suport care basculează în jurul unui capăt, fixat pe o axă de transmisie; 4) *s.de translație* (culisante, glisante, rulante) folosite la curenți de scurtcircuit foarte mari, la care contactul mobil se deplasează liniar (fig. 250,*d*); 5) *s. pantograf*, la care cuțitul, pliant, deplasează contactul mobil pe verticală, după direcția axului unicului izolator suport (fig. 250,*e*); 6) *s.cu braț articulat*, mai puțin folosit din cauza impreciziei de închidere a contactelor, lucrează ca și s. pantograf, dar are două izolatoare suport (fig. 250,*f*).

separator de sarcină → **separator.**

serie unitară, gamă de produse electrotehnice (aparate, motoare, condensatoare), la care s-a introdus un grad înalt de *tipizare*, unele subansamble (de ex., cutii de borne, carcase, arbori etc.) fiind comune mai multor tipodimensiuni din **s.u.** **S.u.** este organizată pe gabarite, construcția din cadrul unui anumit gabarit deservind mai multe tipuri de produse, ce diferă, de ex., prin puterea nominală, turație etc.

sertar, unitate constructivă în instalațiile de distribuție sau de comandă automată, care cuprinde aparate de comutație, protecție, măsură sau circuite electronice (de putere sau informaționale, la care conexiunile plăcilor imprimate sînt de tip → *conector* priză-fișă) și care poate fi scos cu ușurință din ansamblul în care este montat (*s. debroșabil*) sau poate fi rotit

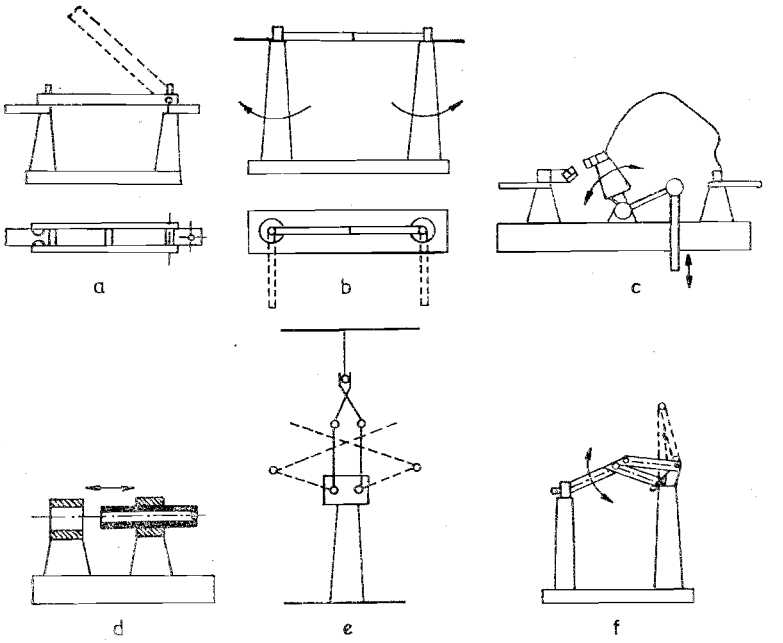


Fig. 250

(*s. rabatabil*) pentru a avea acces la conexiunile din spate. S. se utilizează la unele tipuri de tablouri de distribuție și în tehnica mutatoarelor electronice.

serviciu de funcționare, succesiune în timp a → *regimurilor de funcționare* a unui echipament electric. La m o t o a r e l e e l e c t r i c e d e a c ț i o n a r e sînt standardizate 8 **s.de f.** tip, care sînt cele mai întîlnite în practică. 1) *Serviciul continuu* (S1) corespunde funcționării în regim constant, pe o durată suficient de mare pentru atingerea echilibrului termic (obținerea temperaturii maxime, staționare). Este cazul, de ex., al ventilatoarelor cu debit constant, transportoarelor cu bandă uniform încărcate etc. 2) *Serviciul de scurtă durată* (S2) este acela în care mașina funcționează, la un regim constant, pe o durată mai mică decît cea necesară atingerii echilibrului termic (timpul de funcționare mai mic decît 3...4 constante termice de timp, $t_a < (3...4)T$), după care este deconectată, durata pauzei, t_p, fiind suficientă pentru răcirea practic completă. De ex., acționarea ecluzelor, motoarele electrice de pornire a autovehiculelor (demaroare), robotul de bucătărie etc. Duratele active t_a standardizate sînt de 10, 30, 60 și 90 min. 3) *Serviciul intermitent perio-*

dic (S3) este caracterizat de o funcționare ciclică, regim constant-repaus, în care nu se atinge echilibrul termic, nici la răcire, nici la încălzire. iar pierderile din perioada de pornire nu se iau în considerare. De ex., mașini de ridicat cu motoare asincrone cu inele și frînare mecanică. 4) *Serviciul intermitent periodic cu durată de pornire* (S4), este identic cu S3, dar cu durate de pornire, determinate de inerția acționării, care influențează încălzirea motorului, de ex., cazul macaralelor cu motor asincron cu rotor în scurtcircuit și frînare mecanică. 5) *Serviciul intermitent periodic cu pornire și frînare electrică* (S5), are în plus, față de serviciul precedent, frînarea electrică a motorului, de ex., la acționarea macaralelor cu frînare electrică. 6) *Serviciul neîntrerupt cu sarcină intermitentă* (S6) constă dintr-o succesiune de cicluri formate dintr-o funcționare cu sarcină constantă, urmată de o funcționare în gol, fără a se obține echilibrul termic, de ex., la acționarea unor mașini unelte. 7) *Serviciul neîntrerupt cu porniri și frînări electrice* (S7), asemănător cu S5, dar fără perioade de repaus (de ex., la unele servomotoare electrice). 8) *Serviciul neîntrerupt cu modificarea periodică a turației* (S8), constă dintr-o succesiune de cicluri identice, în care există mai multe regimuri de funcționare, la diferite turații, fără timp de pauză, de ex., la acționările cu motoare asincrone cu două viteze. **S.de f.** pentru care a fost proiectat un motor se numește *serviciu nominal* și se trece pe plăcuța indicatoare a mașinii. De asemenea, se trece pe plăcuță → *durata relativă de funcționare activă* (DA), care, pentru s.de f. S3...S7 are următoarele valori standardizate : 15, 25, 40 și 60 %. În s.de f. periodice (S3...S8), durata unui ciclu se consideră 10 min, dacă nu se precizează altă valoare.

servomotor, motor electric, în general de putere mică, folosit ca element de execuție, la stabilirea sau reglarea poziției unui dispozitiv, cel mai frecvent cu comandă automată. S. trebuie să aibă cuplu mare de pornire, moment de inerție redus, proprietăți bune de comandă (modificarea turației în limite largi) și fiabilitate ridicată. Cele mai răspîndite s. sînt : 1) *S.de curent continuu*, prezintă avantajul unui domeniu larg de modificare a turației (pînă la 1 :10000) și dezavantajul prezenței colectorului (scîntei la perii, uzură etc.). Excitația este electromagnetică sau, cel mai frecvent, cu magneți permanenți. Rotorul are 3 forme constructive : cilindric, în formă de disc și în formă de pahar. Pentru reducerea momentului de inerție, *rotorul cilindric* (asemănător cu al mașinii de curent continuu obișnuite) are diametrul mult mai mic decît lungimea (constantele electromecanice de timp pot scădea la 10 ms dacă diametrul este 30 % din lungime). Rotorul este confecționat din tole, iar înfășurarea, de tip ondulat, așezată în crestături deschise, are număr redus de spire pe secție (chiar o singură spiră). *S.cu rotor disc*, cu întrefier axial și excitație cu magneți permanenți, are înfășurarea de tip circuit imprimat, pe un disc de fibre de sticlă, iar colectorul, pe care apasă periile, poate fi constituit chiar de conductoarele indusului. *S.cu rotor pahar* are înfășurarea dispusă pe un pahar de fibră de sticlă sau înglobată în rășină epoxidică. 2) *S. asincron bifazat*, folosit, de regulă, la puteri sub 100 W, are pe stator două înfășurări, una de excitație și una de comandă, defazate la 90° electrice și amplasate în crestături sau pe poli aparenți. Rotorul este de tip colivie, în formă de pahar nemagnetic (aluminiu) sau de cilindru gol feromagnetic. Pentru obținerea unor performanțe ridicate, întrefierul trebuie să fie extrem de redus, ceea ce impune o precizie deosebită la prelucrarea mecanică și necesită lagăre de precizie. Rotorul în formă de pahar are pereți subțiri (0,1...1 mm) și fund mai

gros, prin care se fixează de arbore. În interiorul rotorului este fixat. pe un suport, un miez feromagnetic din tole (fig. 251). Înfășurările s. bifazat sînt astfel dimensionate, încît chiar

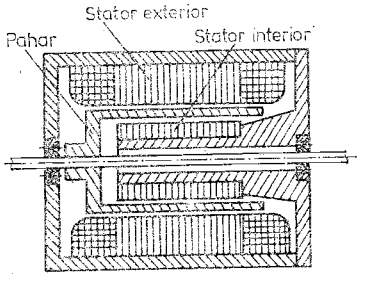


Fig. 251

cu rotorul blocat și tensiunea de comandă maximă, să nu se depășească temperatura admisibilă. Tensiunile de alimentare sînt defazate cu 90° în scopul producerii unui cîmp magnetic învîrtitor. Dacă alimentarea se face de la o rețea monofazată, una din înfășurări este conectată prin condensator. Rezistența rotorică este de valoare mare, ceea ce asigură cuplul maxim la pornire. Reglarea turației, între valorile de sincronism pozitivă și negativă, se face prin modificarea amplitudinii sau fazei uneia sau a ambelor înfășurări. S. bifazat are randament și factor de putere mic, masă specifică și gabarit mare.

Si → **sistem de unități.**

siemens (S), unitate de măsură a conductanței, egală cu conductanța unui conductor parcurs de un curent de 1 A sub o tensiune de 1 V. 1 S = $= 1\ \Omega^{-1}$.

Siemens, Werner von (1816—1892), inginer, inventator și industriaș german. În asociație cu J. G. Halske a fondat (1847) Societatea Siemens-Halske, pentru instalarea liniilor telegrafice. Contribuții în domeniul mașinilor și acționărilor electrice. A construit (1856) indusul în dublu T, care a condus la creșterea randamentului generatoarelor și motoarelor electrice, și primul alternator (1878). Autor (1866) al principiului autoexcitației generatoarelor de curent continuu și al principiului reversibilității mașinilor electrice (1867). A construit : o locomotivă electrică (1879), primul tramvai cu alimentare prin cele două șine (1870), și primul război de țesut cu acționare electrică (1879). A propus *watt*-ul ca unitate de putere (1882) și denumirea de *electrotehnică* pentru electricitatea tehnică. Autor a numeroase invenții : aparat telegrafic indicator cu întrerupere automată (1846) ; gutaperca ca material izolant (1847), cu care a construit primele cabluri submarine ; semnalizatorul electric de incendiu (1848) ; cuptorul cu arc electric (1878) ; pirometrul cu rezistență pentru măsurarea temperaturilor înalte și ascensorul acționat electric (1880) ; fotometrul cu seleniu (1887). A adus contribuții la legislația germană privind brevetele de invenție.

siguranță automată → **întrerupător automat.**

siguranță fuzibilă, aparat de protecție contra supracurenților, în special contra curenților de scurtcircuit, care pot avea efecte termice și dinamice distructive asupra instalațiilor și echipamentelor electrice. Elementul de protecție al s.f. este un fir sau o bandă conductoare (cupru sau argint) care, fiind în serie cu echipamentul protejat, la depășirea unei anumite valori a curentului, se topește și întrerupe circuitul. S.f. sînt caracterizate de următoarele mărimi : curentul nominal al fuzibilului, tensiunea și curentul nominal al soclului, → *puterea de rupere*, timpul de topire în funcție de curent *(caracteristica de topire)*. S.f. se clasifică : a) după tensiune : de joasă și înaltă tensiune ; b) după puterea de rupere : cu mică, mare și medie putere de rupere ; c) după tipul constructiv : unipolare cu filet (pentru

legături în spate LS, fig. 252, sau legături în față LF), unipolare cu miner, tubulare, cu cuțite de contact și furcă; d) după rapiditate: lente, rapide și ultrarapide. *S.f. de joasă tensiune* utilizate pe scară largă în instalațiile

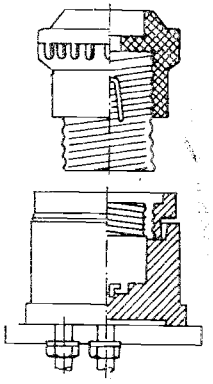


Fig. 252

industriale sînt: 1) *S.f. unipolare cu filet*; pot avea capacitate mică de rupere ($I_r = 350$ A la **s.f.** cu socluri miniaturizate, de tip *mignon*, 25 A) sau capacitate medie de rupere, la socluri normale ($I_r = 4$ kA la 25 A, 8 kA la 63 A și 16 kA la 100 A). Patroanele cu fuzibile *rapide* (fig. 253) au corpul

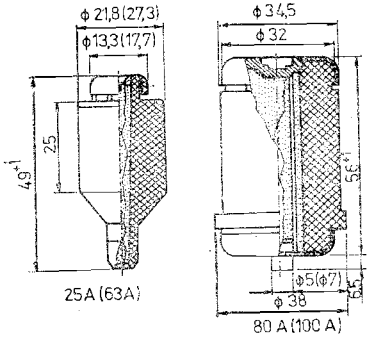


Fig. 253

de porțelan, umplut cu nisip de cuarț, în care se află fuzibilul de argint, și sînt prevăzute cu plăcuțe semnalizatoare colorate, care cad la arderea fuzibilului. Patronul este fixat în soclu cu ajutorul unui capac filetat. Curenții nominali ai fuzibilelor sînt: 6 A (semnalizator verde); 10 A (carmin); 16 A (cenușiu): 20 A (albastru); 25 A (galben); 35 A (negru); 50 A (alb); 63 A (verde). Patroanele cu fuzibile *ultrarapide*, utilizate la protecția semiconductoarelor de putere (diode și tiristoare), au curenții nominali și semnalizatoarele identice cu ale patroanelor rapide, cu deosebirea că patronul are o teșitură la corpul de porțelan. **S.f.** *cu mare putere de rupere (MPR)* constau din patronul ceramic cu fuzibil rapid sau ultrarapid, 1 (fig. 254), suportul ceramic cu furci

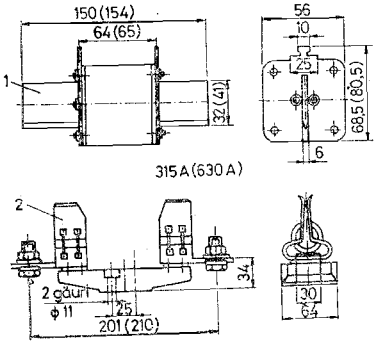


Fig. 254

de contact, 2, și minerul detașabil, cu care se introduce sau se scoate patronul din suport. Curenții nominali ai fuzibilelor *MPR* sînt: 100, 125, 160, 200, 250, 315 (suport 315 A) și 400, 500, 630 A (suport de 630 A). Capacitatea de rupere a **s.f.** *MPR* este de 25 kA. *S.f. de înaltă tensiune* (pînă la 35 kV și 400 A) se utilizează la protecția transformatoarelor cu puteri pînă la 1 600 kVA, motoarelor de înaltă tensiune (asociate cu contactoare), bateriilor de condensatoare, liniilor de alimentare și a transformatoarelor de măsură de tensiune (simbol T). Sînt de tip interior (I) sau exterior (E), fiind alcătuite dintr-un tub lung de porțelan umplut cu nisip, închis ermetic cu capace metalice, care au și rolul de piese de contact, în care sînt introduse firele fuzibile, spiralizate liber sau pe un suport de porțelan (la curenți mici). În afară de **s.f.** cu material de umplutură (nisip de cuarț), care sînt cele mai răspîndite, mai există *s.f. de înaltă tensiune cu expulzie* (cu autosuflaj de gaze) și cu *alungire mecanică* a arcului electric, cu resoarte elicoidale. *S.f. separator*, îndeplinește simultan atît funcția de **s.f.**, cît și cea de separator. Amplasarea **s. f.** (sau a întreruptoarelor automate) în instalațiile de distribuție de joasă tensiune: În scopul asigurării selectivității protecției (deconectarea numai a circuitului avariat), dispozitivele de protecție se prevăd în următoarele puncte: la plecările din tablouri și la ramificațiile spre receptoarele individuale, la intrările în tablouri cu puteri instalate de peste 8 kW alimentate din conducte magistrale sau în tablourile cu peste 5 circuite alimentate din rețeaua publică, pe circuitele secundare, de comandă, protecție, semnalizare, precum și în toate punctele în care secțiunea coloanei descrește, dacă **s.f.** precedente nu asigură secțiunea cea mai mică a ramificației (fig. 255). Curenții nominali ai fuzibilelor trebuie să descrească în sensul transmiterii energiei ($I_{S1} > I_{S2} > I_{S3}$). Amplasarea **s.f.** pe conductoarele de nul de protecție este interzisă, iar pe conductoarele de nul de lucru este admisă numai la instalațiile monofazate din clădiri, care nu sînt deservite de personal calificat. Dimensionarea **s.f.** se face ținînd seama de supracurenții normali (de ex., la pornirea motoarelor electrice). Curenții nominali ai **s.f.** nu trebuie să depășească cu mai mult de 3 ori curentul maxim admisibil în regim permanent al conductelor pe

care le protejează. Fuzibilul trebuie să suporte curentul de durată al receptorului: $I_f > I_n$ (în cazul mai

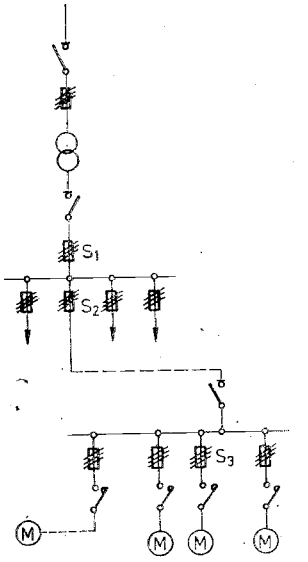


Fig. 255

multor receptoare, se va considera curentul de calcul $I_f > I_c$). Valoarea minimă a curentului nominal al fuzibilului se stabilește ținînd seama de regimul de pornire al motoarelor electrice, $I_f > I_p/c$, I_p fiind curentul de pornire, $I_p = kI_n$, $k = 5 \ldots 7$ pentru motoare asincrone cu rotor în scurtcircuit, $k = 2$ pentru motoare asincrone cu inele, $k = 1{,}7$ pentru motoare de curent continuu, I_n — curentul nominal; $c = 2{,}5$ pentru porniri ușoare (timpul de pornire t_p între 5 și 10 s); $c = 1{,}6 \ldots 2$ pentru porniri grele ($t = 10 \ldots 40$ s). În cazul motoarelor asincrone cu rotor în scurtcircuit, se poate lua, aproximativ, $I_f \geqslant 2{,}5\ I_n$ (la puteri mici și tensiunea de 380 V, $I_n \cong 2P$, P fiind puterea motorului în kW). La instalațiile de iluminat, la care **s.f.** realizează și pro-

tecția la suprasarcini de durată, $I_f = (0{,}6 \ldots 0{,}8)\, I_{adm}$, I_{adm} fiind curentul admisibil al conductei. Dacă valoarea maximă a curentului fuzibilului (impus de secțiunea conductei) și valoarea minimă (impusă de curentul de pornire) sînt incompatibile, se mărește secțiunea conductei de alimentare.

siguranță intrinsecă → **protecție antiexplozivă.**

siguranță mărită → **protecție antiexplozivă.**

silectron, denumire comercială pentru tabla silicioasă cu cristale orientate (tablă texturată).

silicagel, substanță cu pori microscopici, de formă granulară, foarte higroscopică, pe bază de dioxid de siliciu, folosită ca filtru de aer la transformatoarele în ulei. Conținutul de apă se indică prin culoarea granulelor: s. uscat este de culoare albastră, prin absorbția umezelii devine roșu, apoi roz, iar cînd este saturat cu apă devine incolor. Se poate regenera prin încălzire la 200...300°C.

siliciu, element chimic utilizat în electronică. Numărul atomic 14, masa atomică 28,09, punctul de topire 1 420°C, punct de fierbere 2 630°C, densitate 2,339 g/cm³, conductivitate termică 0,836 W/cm.grd, conductivitate electrică în funcție de gradul de puritate; s. pur are o conductivitate extrem de redusă, dar prin impurificare controlată se obțin calități de → *semiconductor.* S. cristalin are o structură asemănătoare cu a diamantului, fiecare atom fiind înconjurat de alți 4 atomi, cu care formează legături covalente. Prin „dopare" cu elemente trivalente (bor, aluminiu) se obține o structură de tip „p", iar prin impurificare cu elemente pentavalente (As, Sb, P), o structură de tip „n" (→ *conducție electrică).* S. se folosește sub formă de monocristal, tăiat în discuri subțiri, în tehnica → *semiconductoarelor,* la fabricarea diodelor și tranzistoarelor de putere, tiristoarelor și triacurilor etc.

silicon, produs macromolecular în care grupări organice sînt legate de atomi de siliciu. Pentru electrotehnică sînt importanți *elastomerii* (cauciucurile de s.), rășinile de s. și uleiurile de s. *Cauciucul siliconic* este un material izolant de clasa H, rezistent la acțiunea uleiului, folosit la izolarea cablurilor sau înfășurărilor mașinilor electrice. *Rășinile de siliconi* se folosesc la impregnarea unor materiale izolante ca mica, țesăturile de azbest sau de sticlă. *Uleiul siliconic,* cu proprietăți dielectrice bune ($\varepsilon_r = 2{,}2 \ldots 2{,}8$, $\mathrm{tg}\delta = 10^{-4}$, puțin dependente de temperatură, rigiditatea dielectrică 100...250 kV/cm, $\rho = 10^{15}\Omega$cm) este greu fuzibil și mai rezistent la acțiunea aerului și metalelor decît hidrocarburile, putînd fi utilizat în intervalul −75...+250°C. Se utilizează la transformatoare, condensatoare, întreruptoare sau pentru siliconizarea suprafețelor unor materiale izolante.

simbol, semn sau succesiune de semne care reprezintă noțiuni (mărimi, stări, echipamente). S. pot fi grafice sau literale. În electrotehnică, s. literale servesc la reprezentarea mărimilor fizice sau la notarea unor clase de echipamente (→ *Anexa* 1). Valorile instantanee ale mărimilor alternative se notează cu litere mici, iar valorile efective și medii, cu litere mari. S. grafice servesc la reprezentarea echipamentelor electrice (→ *Anexa 2).*

simetrizare, operație prin care o rețea trifazată care alimentează receptoare monofazate se încarcă echilibrat (avînd curenți egali pe cele 3 faze). S. se obține prin aplicarea unor scheme speciale de alimentare a consumatorilor monofazați de putere mare, care prin dezechilibrarea sistemului de curenți și de tensiuni ar avea repercusiuni nefavorabile asupra generatoarelor din centrale respectiv asupra receptoarelor trifazate (în special, asupra motoarelor asincrone), provocînd supraîncălzirea lor. În **tracțiunea electrică** de curent alternativ monofazat, s. se obține prin conectarea în „V" a transformatoarelor monofazate din substații (fig. 256) și prin schimbarea ciclică succesivă a conexiunilor la fazele sistemului în substațiile învecinate. *Schema Scott,* mai puțin utilizată în tracțiunea electrică, se aplică la cuptoarele de inducție cu două canale (fig. 257), cele două inductoare avînd număr de spire

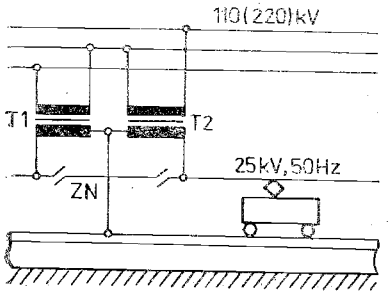


Fig. 256

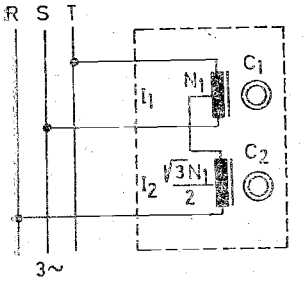


Fig. 257

diferit. *S.cu bobine și condensatoare* se aplică la cuptoarele de inducție cu creuzet de frecvență industrială, a căror putere depășește cca 18% din puterea transformatorului de alimentare (fig. 110, → *echilibrarea rețelei trifazate*).

sincronism, stare de funcționare a mașinilor electrice, în care rotorul se rotește cu aceeași turație și în același sens cu turația cîmpului magnetic învîrtitor. Mașinile sincrone funcționează numai în s.; la generatoarele sincrone s. se obține prin → *sincronizare.*

sincronizare, operație prin care un generator sincron este adus în situația de a putea funcționa în paralel cu alt generator sau cu o rețea existentă, adică de a avea aceeași tensiune, aceeași frecvență și aceeași succesiune a fazelor (→ *sincronizator,* → *sincronoscop).* S. poate să fie *manuală* sau *automată.* La *s. precisă* se impune ca tensiunile generatorului și rețelei la care se cuplează să fie în fază. La → *autosincronizare,* mașina se cuplează la rețea fără excitație, la o viteză apropiată de cea sincronă, după care se conectează sursa de excitație, la fel ca la pornirea în asincron a motorului sincron. Deși față de s. precisă, autosincronizarea produce șocuri mecanice și electrice în mașină și în rețea, ea este tot mai folosită, în special la hidrogeneratoare, pretîndu-se mai bine la automatizare.

sincronizator, ansamblu de dispozitive ce servesc la sincronizarea automată a mașinilor sincrone. S. constă din *regulatorul de sincronizare,* ce comandă operațiile de aducere a generatorului sincron la tensiunea și frecvența rețelei la care se conectează, și din *dispozitivul de punere în paralel,* ce dă comandă de anclanșare, în momentul optim, întreruptorului automat.

sincronoscop, aparat de control al sincronismului (frecvența și defazajul) la două sisteme de curent alternativ (de ex., la un generator sincron și la rețeaua pe care urmează să se cupleze). *S.cu ac învîrtitor* poate fi construit pe principiul fazmetrului, acul indicator putîndu-se roti în ambele sensuri, după cum frecvența generatorului este mai mare sau mai mică decît frecvența rețelei. Cînd acul este în repaus,

frecvențele sînt egale, iar indicația dă unghiul de defazaj. *S.cu lămpi*, mai puțin precis, are 3 lămpi cu incandescență conectate între fazele de același nume ale rețelei și generatorului (fig. 258). Cînd succesiunea fazelor

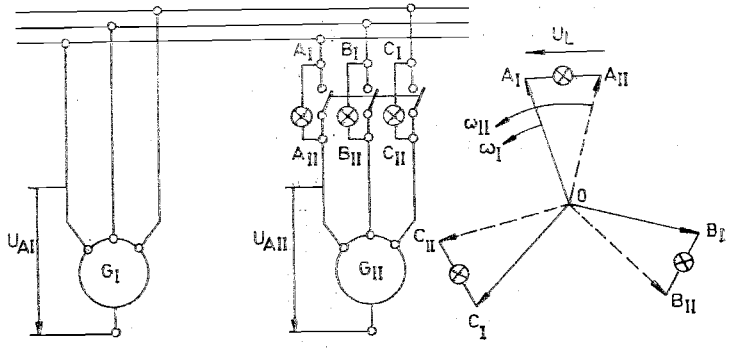


Fig. 258

este aceeași și frecvențele apropiate, tensiunea aplicată lămpilor va oscila permanent între valoarea zero și dublul tensiunii de fază, deci lămpile se aprind și se sting simultan (dacă tensiunile nu sînt egale, stingerea nu este completă). Dacă lămpile nu se aprind simultan, succesiunea fazelor nu este aceeași și se impune inversarea a două faze fie la generator, fie la rețea. Conectarea în paralel se face cînd lămpile sînt stinse. La *s.cu lumină rotitoare*, lămpile sînt conectate între fazele $A_I - A_{II}$, $B_I - C_{II}$ și $C_I - B_{II}$. Sincronismul este asigurat dacă lămpile se aprind și se sting succesiv, cu viteză foarte mică, iar conectarea în paralel se face cînd se stinge lampa conectată la $A_I - A_{II}$.

sistem bifazat → **sistem polifazat.**

sistem de acționare electrică → **acționare electrică.**

sistem de tracțiune electrică → **tracțiune electrică.**

sistem de unități (de măsură), ansamblul unităților de măsură stabilit pentru un domeniu al tehnicii sau științelor naturii (→ *mărime*, → *unități de măsură*). **S.de u.** cuprinde *unități fundamentale*, stabilite în mod independent și *unități secundare*, stabilite în funcție de unitățile fundamentale. În 1960, s-a introdus și o clasă de *unități suplimentare* (radianul și steradianul). Dacă în relațiile de definiție ale unităților secundare, cu care ele sînt legate de unitățile fundamentale nu apar factori numerici diferiți de 1, **s.de u.** se numește *coerent*. **S.de u.** folosesc 3 unități fundamentale geometrice-mecanice (pentru lungime, masă sau forță și timp), una electromagnetică (de ex., unitatea de intensitate a curentului electric), una termică (pentru temperatură) și una fotometrică (pentru intensitatea luminoasă). Unitățile fundamentale mecanice au diferențiat două **s.de u.**: CGS (cm, g, s) și MKS (m, kg, s). Unitățile fundamentale electromagnetice au dus la mai multe **s.de u.** folosite în fizică și electrotehnică. 1) *CGS electrostatic* (CGSes) are ca unitate fundamentală permitivitatea ε (cu convenția $\varepsilon_0 = 1$); 2) *CGS electromagnetic* (CGSem) are ca unitate fundamentală permeabilitatea magnetică μ (cu convenția $\mu_0 = 1$); 3) *CGS Gauss* are pentru mărimile

electrice unitățile din **s.de u.** CGSes, iar pentru mărimile magnetice, **s.de u.** CGSem ($\varepsilon_0 = 1$, $\mu_0 = 1$); 4) MKSA, cu unitatea fundamentală amperul (în acest **s.de u.**, $\varepsilon_0 = 1/(4\pi \cdot 9 \cdot 10^9)$ F/m, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m). Deoarece la introducerea primelor unități și la construirea primelor instrumente de măsură nu se cunoșteau toate legile fenomenelor electromagnetice, unitățile pentru mărimile electrice s-au stabilit cu ajutorul formulei lui Coulomb (pe atunci legea lui Coulomb), care era scrisă fără factorul 4π, $F = q_1 q_2/(\varepsilon_0 R^2)$, iar la enunțarea legilor generale trebuia introdus 4π, ceea ce era foarte incomod, s-a trecut la → *raționalizarea* **s.de u.**, păstrîndu-se unitățile pentru a căror măsurare directă se folosesc curent instrumente de măsurat (ampermetre, voltmetre etc.), pentru a se putea utiliza instrumentele etalonate în unitățile vechi. Astfel, s-au raționalizat mărimile electrice legate de inducția electrică și mărimile magnetice legate de intensitatea cîmpului magnetic. În prezent, în majoritatea țărilor este legiferat → *sistemul internațional* (SI), care este **s.de u.** MKSA raționalizat, adoptat la a Unsprezecea Conferință Generală de Măsuri și Greutăți (1960).

sistem dezechilibrat → **sistem polifazat.**

sistem electroenergetic, ansamblul instalațiilor și echipamentelor electrice ale unui → *sistem energetic*, care concură la producerea, transportul și distribuția energiei electrice. S.e. cuprinde generatoarele, stațiile de transformare și conexiuni, liniile de transport, posturile de transformare și rețelele de distribuție. Concomitent cu creșterea consumului de energie electrică, impus de dezvoltarea economică, crește numărul și complexitatea instalațiilor și echipamentelor s.e. S.e. actuale sînt caracterizate de următoarele particularități: instalațiile sînt interconectate (→ *interconectarea* **s.e.**) la scară națională sau internațională, deservind teritorii foarte întinse; energia electrică produsă trebuie să fie egală cu cea consumată, deoarece nu se poate stoca în cantități însemnate, principalul indicator al acestei condiții fiind frecvența (→ *reglarea automată a* s.e.), ale cărei oscilații arată existența unor perturbații trecătoare în bilanțul puterilor; calitatea energiei electrice trebuie asigurată în permanență, fără întreruperi în alimentare; anvergura s.e. și valoarea mare a investițiilor impun o politică de perspectivă (prognoză-planificare-proiectare-construcție) extinsă pe perioade de studiu cu mulți ani în avans (2...30 ani, în funcție de natura și complexitatea instalației, centrală, stație, linie de înaltă tensiune, rețea de distribuție etc.); s.e. trebuie optimizate, atît la extinderea, cît și la exploatarea lor, comparîndu-se mai multe variante și adoptînd pe cea care asigură toate condițiile impuse, pe o durată de exploatare cît mai mare și cu eforturi financiare cît mai mici. Exploatarea s.e. este coordonată de → *dispecerul energetic* național.

sistem energetic, ansamblul instalațiilor și echipamentelor mecanice, termotehnice, electrice sau de altă natură (de ex., nucleare), care concură la alimentarea cu energie electrică a unui anumit teritoriu. Față de alimentarea separată a unui consumator (sau grup de consumatori) de la o singură → *centrală electrică* (sau grup de centrale), alimentarea de la s.e. prezintă următoarele avantaje: folosirea rațională a resurselor energetice, în comun, în condiții optime; rezervă necesară mică; utilizare bună a puterii instalate, sarcinile consumatorilor fiind, în general, decalate în timp (→ *curbă de sarcină*). Din punct de vedere al costului investițiilor există tendința concentrării producției în centrale tot mai puternice, dar de la o anumită putere în sus (de ex., 2 400 MW pentru termocentrale), apar probleme dificile de aprovizionare cu combustibil și apă de răcire, precum

și efecte nefavorabile asupra mediului înconjurător (de ex., poluarea termică a râurilor de către marile centrale nucleare și termoelectrice).

sistem internațional de unități (SI), sistem cu următoarele mărimi și unități fundamentale: lungime — metru (m); masă-kilogram (kg); timp-secundă (s); intensitate a curentului electric-amper (A); temperatură termodinamică-Kelvin (K); cantitatea de substanță-mol (mol); intensitate luminoasă-candelă (cd). Pentru intervalele de temperatură se admite și gradul Celsius (°C; 1°C = 1 K). Multiplii și submultiplii unităților de măsură, precum și cele mai utilizate unități în electrotehnică sînt date în tabelele 5, 6 și 7.

sistem nesimetric → **sistem polifazat.**

sistem polifazat, rețea cu mai multe circuite, în fiecare existînd cîte o tensiune electromotoare sau tensiune la borne, de aceeași frecvență, dar defazate una față de alta. Circuitele care formează s.p. se numesc → *faze*. În funcție de numărul de faze m s.p. pot fi: *bifazate*, $m = 2$ (→ *servomotor*); *trifazate*, $m = 3$; *hexafazate*, $m = 6$ (→ *redresor*); *dodecafazate*, $m = 12$ etc. După cum unghiul de defazaj al tensiunilor electromotoare este sau nu același pe toate fazele, s.p. se numește *simetric* sau *nesimetric* (→ *componente simetrice*). Suma tensiunilor electromotoare la un s.p. simetric are în fiecare moment valoarea zero. Cele m receptoare ale unui s.p. pot fi conectate în *stea* sau în *poligon* (→ *conexiune*). După cum curenții pe cele m faze au sau nu valori efective egale și sînt defazați cu același unghi, s.p. este echilibrat sau dezechilibrat. La un s.p. echilibrat, suma fazorială a curenților pe cele m faze este egală cu zero.

sistem trifazat → **sistem polifazat.**

sîrmă, fir metalic de secțiune constantă, cu dimensiunile liniare ale secțiunii de maximum 16 mm. În electrotehnică s. se folosește în calitate de conductor (cupru, aluminiu, oțel) pentru linii electrice aeriene, conducte electrice izolate, rezistoare, înfășurări de mașini și aparate electrice. *S. de bobinaj*, de cupru sau aluminiu, cu secțiune rotundă (diametre de 0,03...6 mm) sau profilată (de obicei, dreptunghiulară) poate fi izolată cu bumbac, mătase sau acoperită cu email (*s. emailată*), peste care se poate aplica bumbac, hîrtie sau țesătură de sticlă. *S. emailată*, de cupru sau aluminiu, este acoperită cu lacuri izolante, avînd următoarele simboluri: EP — *lac poliamidic* (→ *clasa de izolație Y*); EU — *lac poliuretanic* (clasă E); ET — *lac tereftalic* (clasa F); PE2S — s. de secțiune profilată, un strat de elamil și două straturi de fire de sticlă (clasă F dacă lacul de emailare este *tereftalic* și lacul de încleiere, *epoxidic*). Acoperirea s. cu lac se face în instalații orizontale sau verticale (pentru un singur fir sau, simultan, pentru mai multe), care cuprind: dispozitive de alimentare, baia de lac, cuptorul de emailare, mecanismele de antrenare și înfășurare. Ciclul de lăcuire și uscare se repetă de mai multe ori. Grosimea peliculei de lac depinde de felul lacului și de diametrul s., variind între 0,007 mm (sub diametre de 0,1 mm) și 0,04 mm (sub 1 mm), iar în cazul lacului siliconic, fiind sub 0,02 mm.

soclu, parte constructivă a lămpilor electrice care servește la fixarea în → *dulie* și la legarea la rețea. Se folosesc următoarele tipuri de s.: 1) **S.** → *cu filet Edison* (fig. 259, *a*) este de mai multe tipuri, în funcție de diametrul filetului: *liliput* (filet E5 — diametru 5 mm); *miniatură* (E 10); *mic* (mignon), (E 14); *normal* (E 27); *mare* (Goliat), (E 40). S. cu filet este confecționat din bandă de alamă sau de oțel zincat, avînd la partea inferioară o plăcuță de contact, distanțată printr-o masă izolantă (chit), care servește și la fixarea lămpii. 2) *S. baionetă* (fig. 259, *b*) are două proeminențe laterale cu care se fixează în crestături de forma literei L practicate în dulie și care îi asigură stabilitatea contactului electric la trepidații (de ex.,

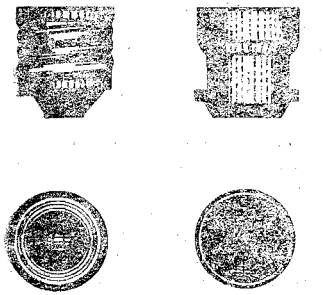


Fig. 259

la lămpile de pe vagoane sau autovehicule). 3) *S. speciale*, folosite la lămpile tubulare (cu incandescență sau cu vapori de mercur de joasă presiune).

soclu de siguranță → **siguranță fuzibilă.**

soleuație, flux al densității curentului de conducție, $\vec{J}$, printr-o suprafață deschisă, S_Γ, înțepată de unul sau mai multe conductoare parcurse de curenți, care înlănțuie curba Γ pe care se sprijină suprafața considerată,

$$\Theta_{S_\Gamma} = \int_{S_\Gamma} \vec{J} \cdot \mathrm{d}\vec{A} = \Sigma I$$ (suma algebrică a

curenților care înlănțuie curba Γ). În

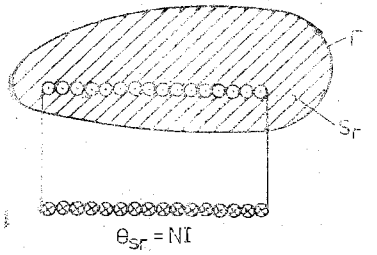


Fig. 260

cazul unei bobine cu N spire parcurse de curentul i, s. corespunzătoare unei suprafețe mărginite de o curbă înlănțuită de toate spirele este $\Theta_{S_\Gamma} = Ni$ (fig. 260) S. intervine în → *legea circuitului magnetic* și este egală cu tensiunea magnetomotoare $\oint_\Gamma \vec{H} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$ de-a lungul unei curbe închise Γ în regim cuasistaționar (se neglijează curentul de deplasare) și în medii imobile (fără curenți de convecție sau curenți Röntgen teoretici). La *mașini și aparate electrice* în care acționează două sisteme de înfășurări (de ex., la transformator) cu numărul de spire N_1 și curentul I_1 respectiv N_2, I_2, este valabilă ecuația s. (ecuația amperspirelor) $I_1N_1 + I_2N_2 = I_0N_1$, I_0 fiind curentul de mers în gol. La sarcină nominală sau la scurtcircuit, $I_0 \ll I_1$, $I_0N_1 \ll I_2N_2$, deci $I_1/I_2 \approx N_2/N_1$. Unitatea de măsură a s. este *amperul*, A, numit și *amperspiră*.

solenoid, → *bobină* fără miez feromagnetic de forma unui cilindru alungit, cu N spire, repartizate într-un număr redus de straturi. Dacă lungimea l este mult mai mare decît diametrul, intensitatea cîmpului magnetic în interiorul s. se poate considera uniformă și egală cu $H = NI/l$, iar inductivitatea s., $L = \mu_0 N^2 S/l$, unde S este aria secțiunii s.

solicitare (la un echipament electric), stare caracterizată de un ansamblu de mărimi mecanice, termice, electrice, magnetice, care dacă ar depăși anumite limite, ar duce la deteriorarea unor piese sau subansambluri. *S. electrică* a unui dielectric este dată de intensitatea cîmpului electric, care, la depășirea unei anumite limite (→ *rigiditate dielectrică*), ar provoca străpungerea dielectricului. *S. magnetică* a unui circuit magnetic este dată de valoarea inducției magnetice, care, depășind anumite limite, duce la creșterea pierderilor în fier, deci la supraîncălzirea părților feromagnetice

ale circuitului și la apariția saturației, modificîndu-se caracteristicile de funcționare ale mașinilor și aparatelor electrice. *S. termică* a conductoarelor este caracterizată de valoarea densității de curent, care, depășind anumite valori, conduce la creșterea pierderilor prin efect termic (efect Joule) și la supraîncălzirea izolației. *S. mecanice*, date de forțele electrodinamice (la bare colectoare, înfășurări etc.), sînt caracterizate de valorile curenților de scurtcircuit.

sondă, piesă metalică ascuțită, cu mîner izolant, conectată printr-un cordon flexibil la un voltmetru, servind ca electrod la măsurarea tensiunii. La măsurarea rezistenței → *prizelor de pămînt*, s. are forma unui țăruș din țeavă, înfipt în pămînt, cu rezistența de ordinul sutelor de ohmi.

sondă Hall → traductor.

sonerie, dispozitiv electroacustic folosit ca mijloc de apel sau semnalizare. *S. de curent continuu* (fig. 261) este

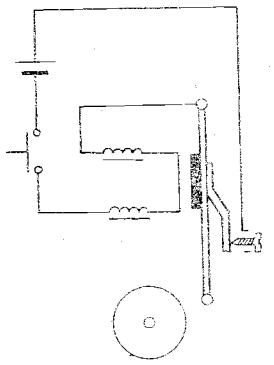


Fig. 261

formată, în esență, dintr-un electromagnet alimentat de la o baterie uscată sau un acumulator. Armătura electromagnetului întrerupe circuitul, atunci cînd este atrasă, și lovește un clopot cu ajutorul unui ciocănel. La dispariția curentului, armătura este eliberată și readusă de o lamelă elastică în poziția inițială, închizînd din nou circuitul, după care procesul se repetă. Frecvența cu care este lovit clopotul este egală cu frecvența de oscilație proprie a armăturii. *S. de curent alternativ* poate fi de același tip cu s. de curent continuu, sau de tip *s. polarizată*, cu magnet permanent. Două înfășurări de curent alternativ, dispuse pe miezuri de fier moale, întăresc, la o alternanță, cîmpul magnetului permanent într-unul din miezuri și îl slăbesc în celălalt, iar la alternanța următoare, invers. Un miez mobil basculează cu o frecvență egală cu frecvența curentului alternativ, lovind două clopote cu un ciocănel. Se alimentează de la un inductor telefonic (→ *magnetou*), sau de la rețea, printr-un transformator.

spectru electromagnetic → radiație electromagnetică.

spiră, porțiune dintr-o bobină sau înfășurare determinată de două puncte succesive aflate pe generatoarea suprafeței de înfășurare, formînd o buclă.

spiră ecran, spiră masivă în scurtcircuit, de cupru sau alamă, care înlănțuie o parte din suprafața unui pol de electromagnet sau de mașină electrică, avînd rolul de divizare a fluxului polului în două componente defazate între ele. La → electromagneții de curent alternativ, s.e. are rolul de a elimina vibrațiile armăturii. Prin defazarea în timp, cele două componente ale fluxului nu trec simultan prin zero, iar forța de atracție nu are valoare simultană egală cu zero. La → releele de inducție, s.e. are rolul de a obține un cuplu asupra discului de aluminiu ce se poate roti între polii releului. La motoarele asincrone monofazate, s.e. are rolul unei înfășurări auxiliare, fluxul prin partea ecranată împreună cu cel din partea neecranată, fiind defazate, creează un cîmp magnetic învîrtitor care produce cuplul necesar pornirii motorului.

stabilitate, proprietate a unui sistem tehnic, ca, în urma acțiunii unor perturbații trecătoare, să revină la starea de funcționare anterioară sau la altă stare staționară. Dacă revenirea la starea inițială, sau la o altă stare staționară, se face fără oscilații, s. se numește *asimptotică*. *S. statică* se referă la perturbații lente, la care se poate considera trecerea sistemului printr-o succesiune de stări stabile (staționare). Dacă sistemul prezintă s. și la perturbații violente, care se produc brusc, s. se numește *dinamică*. La un sistem electroenergetic, s. se referă la păstrarea sincronismului tuturor mașinilor sincrone care funcționează în paralel, atunci cînd se produc modificări de sarcină, de configurație a rețelelor sau în caz de deranjamente (de ex., scurtcircuite). *S. statică* este asigurată, cînd sistemul funcționează normal, atunci cînd trecerea de la un regim de funcționare la alt regim se face prin variații mici ale mărimilor și lente în raport cu constantele de timp electromagnetice. S. statică a mașinilor sincrone se apreciază după criteriul $dP/d\vartheta > 0$, unde P este puterea activă iar ϑ — unghiul de sarcină. Mărimea $P_s = dP/d\vartheta$ se numește *putere sincronizantă* și reprezintă o măsură a s. statice: cu cît puterea sincronizantă este mai mare, cu atît rezerva de s. statică este mai mare. Dacă se neglijează rezistențele sistemului, $P = U_{e0}U\sin\vartheta/X$, unde U_{e0} este tensiunea electromotoare indusă de cîmpul inductor, U — tensiunea la borne, X — reactanța sincronă a mașinii adunată cu reactanța liniei și a transformatorului; $P_s = U_{e0}U\cos\vartheta/X$. S. statică este asigurată pentru $\vartheta \in (0, \pi/2)$. *S. dinamică* a sistemului electroenergetic este s. la modificări bruște a stării de funcționare normală (șocuri de sarcină, modificări ale configurației rețelei sau scurtcircuitele). Aceste perturbații bruște duc la oscilații ale rotorului mașinii sincrone (→ *pendulare a mașinii sincrone*). S. dinamică este dependentă de încărcarea sistemului energetic înainte de producerea perturbațiilor, iar în caz de scurtcircuite, de distanța pînă la locul deranjamentului, de durata sa și de starea rețelei după deconectarea porțiunii deranjate. *S. dinamică* depinde, pe lîngă mărimile electrice, de momentele de inerție ale mașinilor. *S. artificială* se obține prin acțiunea rapidă a regulatoarelor de tensiune, care printr-o forțare a excitației, măresc tensiunea electromotoare indusă și, prin aceasta, îmbunătățesc caracteristica de sarcină $P = f(\vartheta)$. La sistemele de acționare electrică, s. se referă la capacitatea sistemului de a avea un punct de funcționare staționară, aflat la intersecția caracteristicilor mecanice ale motorului și mașinii de lucru ($\Omega = f(M)$ și $\Omega = f(M_r)$). S. acționării depinde de modul de variație a cuplului dinamic $M_d = M - M_r$ cu viteza unghiulară. Dacă la o creștere a vitezei ($d\Omega > 0$) cuplul dinamic scade ($dM_d < 0$), acționarea este static stabilă și invers. Condiția s. statice este deci $dM_d/d\Omega < 0$. La un motor asincron (fig. 262), în punctele

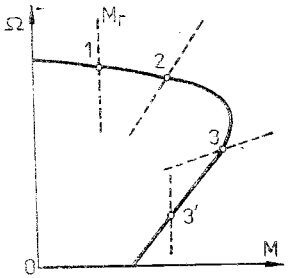


Fig. 262

1, 2 și 3 funcționarea este static stabilă, iar în punctul 3 — instabilă. La procesele de descărcare electrică în gaze, s. se apre-

ciază cu ajutorul caracteristicilor volt-ampermetrice $U = f(I)$, a sursei și a receptorului, care este nelinear. Dacă alimentarea se face de la o sursă de tensiune constantă (de ex., lămpile fluorescente, de joasă și înaltă presiune, alimentate de la rețea), pentru obținerea s. este necesară o impedanță de limitare (rezistor, bobină sau condensator, → *balast*). Dacă sursa are caracteristică căzătoare (de ex., sursele de sudare cu arc electric), punctul de funcționare stabilă se află la intersecția celor două caracteristici (fig. 263), în punctul în care tensiunea aplicată este mai joasă decît tensiunea necesară arcului, la creșterea curentului prin arc și mai înaltă decît ea, la curent prin arc descrescător (fig. 263).

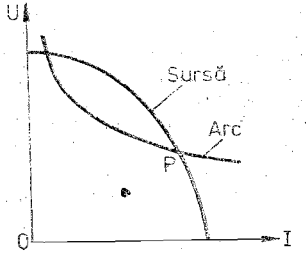


Fig. 263

starter, dispozitiv folosit la aprinderea lămpilor fluorescente. *S.cu descărcare* (fig. 264) este format dintr-un mic tub de descărcare, *1*, umplut cu argon sau neon la presiune joasă, avînd unul din electrozi, *7*, din sîrmă de nichel, iar al doilea, *2*, format de o lamelă bimetalică. Lampa este fixată într-o casetă, *3*, pe a cărei placă de bază, *4*, sînt fixate bornele de contact, *5*. În paralel cu tubul de neon este legat condensatorul de deparazitare *6*. S. are rolul de a conecta circuitul de încălzire a filamentelor tubului fluorescent, prin apropierea electrodului bimetalic de electrodul fix, ca urmare a încălzirii produse de descărcarea electrică în neon și de a întrerupe acest circuit, după 1...2 s, cînd electrozii s-au răcit, pentru producerea, prin autoinducție pe bobina → *balast*, a vîrfului de tensiune necesar amorsării descărcării în lampa fluorescentă.

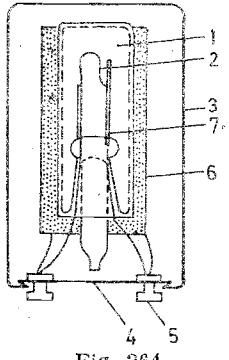


Fig. 264

stator → **mașină electrică**.

stație de conexiuni → **stație electrică**.

stație de transformare → **stație electrică**.

stație electrică, parte componentă a unui sistem electroenergetic, cuprinzînd instalații și echipamente, amplasate în clădiri sau în aer liber, care realizează interconectarea liniilor sau transformarea parametrilor energiei electrice. S.e. pot fi *de centrală*, cu rolul de a distribui energia primită de la generatoare, după o ridicare a valorii tensiunii cu ajutorul transformatoarelor, și *de rețea*, cu rolul de a distribui energia la consumator sau de a face legătura dintre linii de transport. S.e. de rețea se împart în *s.e. de transformare*, la care energia electrică primită își modifică parametrii (tensiunea, curentul), în *s.e. de conexiuni*, care primesc și distribuie energia la aceeași tensiune și frecvență și în *s.e. de mutatoare*, care modifică frecvența (de ex., la transportul energiei electrice în curent continuu). S.e. pot fi de înaltă și de medie tensiune. *S.e.* care transformă energia electrică de la tensiunea medie (de regulă 6

kV), la tensiunea joasă, de consum (de regulă 0,4 kV) se numesc → *posturi de transformare*. O s.e. cuprinde → *circuite primare*, → *circuite secundare*, servicii proprii (instalații de curent alternativ și de curent continuu, rețele de aer comprimat pentru acționarea întreruptoarelor automate), instalații auxiliare (instalații de legare la pămînt, → *paratrăsnete*, echipamente de telecomunicații) și anexe (ateliere de reparații, gospodăria de ulei, laboratorul, instalația de încălzire centrală etc.). S.e. pot fi *de tip interior* (de regulă, pînă la 35 kV inclusiv, dar și de 110, 220 sau chiar 400 kV, cînd condițiile de mediu sînt nocive), sau *de tip exterior* (de regulă, de la 35 kV inclusiv în sus, dar și unele s.e. de 6...20 kV de putere redusă). Schema de conexiuni a circuitelor primare și soluția constructivă este adoptată în funcție de categoria consumatorilor și siguranța în funcționare impusă, de numărul circuitelor și modul de exploatare (cu sau fără personal permanent). Schemele tip se împart în scheme cu și fără bare colectoare, cu → *bare* simple sau duble (mai rar, triple), secționate sau nesecționate (fig. 265). Constructiv, s.e. cuprinde următoarele tipuri de → *celule*: de linie, de transformator, de generator, de măsură și descărcătoare, de cuplă de rezervă (fig. 266). S.e. de exterior, de 35...400 kV, pot fi, în funcție de desfășurarea echipamentului pe verticală, de tip jos, semiînalt sau înalt. *S.e. de tip jos* au echipamentele montate pe fundații de înălțime mică, încît necesită împrejmuiri și suprafață mare, motiv pentru care acest tip este tot mai puțin utilizat. *S.e. de tip semiînalt*, care sînt cele mai răspîndite, au echipamentele montate pe suporturi, de regulă de beton armat, încît nu necesită împrejmuiri. *S.e. de tip înalt* au echipamentele montate pe cel puțin două nivelluri suprapuse, de ex., la nivelul superior — separatoarele, iar la nivelul inferior, pe fundații joase, — întreruptoarele și transformatoarele de măsură. O categorie specială de s.e. o constituie → *substațiile de tracțiune* electrică (feroviară, urbană, industrială).

stea → **conexiune**.

steguleț, piesă folosită la colectorul mașinilor electrice al cărui diametru

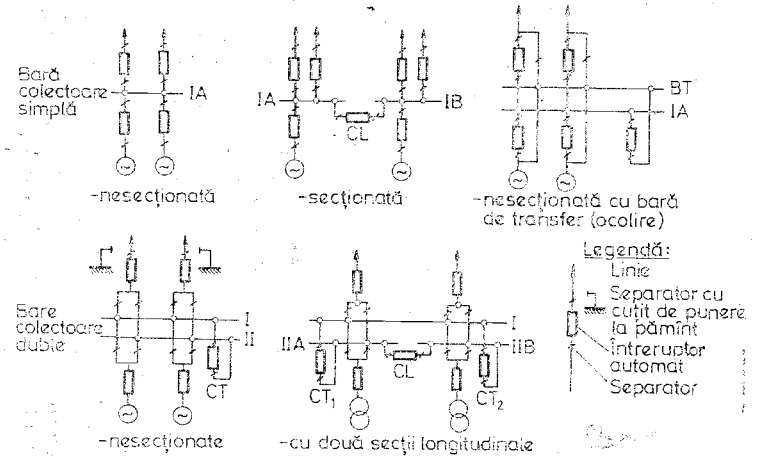


Fig. 265

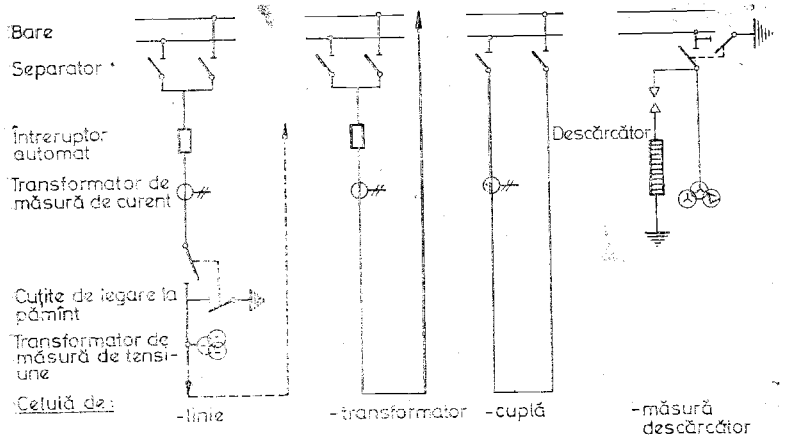


Fig. 266

este mult mai mic decît al rotorului, servind la legarea lamelei de capătul secției înfășurării indusului. Se confecționează din cupru recopt sau din tablă de oțel moale cositorită și se fixează, în crestăturile practicate în lamelă, prin sudare sau nituire.

Steinmetz, Charles Proteus (1865—1923), inginer electrician amerîcan, de origine germană, Profesor universitar la New York. A stabilit formula empirică de calcul a energiei disipate într-un ciclu de histerezis magnetic și a dezvoltat metoda de calcul simbolic al circuitelor de curent alternativ.

schelaj, schelet metalic folosit la susținerea → *sertarelor* sau → *modulelor* unei instalații electrice de distribuție sau de comandă automată. Prin atașarea la s. a unor mantale de tablă și a unor uși, se obține un → *dulap*.

sticlă, substanță anorganică, amorfă, casantă, obținută prin topirea și răcirea lentă a unui amestec de oxizi (SiO_2, B_2O_3, Na_2O, CaO, K_2O, MgO, BaO, PbO, ZnO, Al_2O_3). În funcție de compoziție, proprietățile s. pot varia în limite largi : densitate 2,2... ...3,8 g cm^{-3}; rezistivitate 10^7... ...$10^{18}\Omega$ cm; permitivitatea relativă $\varepsilon_r = 3{,}7...16{,}5$; $tg\,\delta = (5...250)\cdot 10^{-4}$; rigiditate dielectrică 160... ...400 kV cm^{-1}. S. pentru izolatoare are un conținut redus de metale alcaline, ceea ce duce la mărirea rezistivității. În electrotehnică, s. se folosește ca material izolant și ca dielectric pentru condensatoare. S. folosită în ultimul timp la confecționarea izolatoarelor de înaltă tensiune se obține prin răcire bruscă, în aer, a s. topite, ceea ce duce la mărirea rezistenței mecanice *(s. călită* sau *ameliorată)*. Izolatoarele de sticlă au, față de cele de → *porțelan*, avantaje și dezavantaje : nu necesită glazurare și se pot suda ușor de armături; transparența permite depistarea defectelor interioare; încălzirea la radiațiile solare este mai redusă; rezistă mai puțin la loviri mecanice și la șoc termic; sînt mai higroscopice; în atmosferă nocivă suprafața devine rugoasă, ceea ce favorizează depunerea murdării. *S.de cuarț*, obținută prin topirea cristalelor de cuarț, ca și s. cu adaus de Fe_2O_3, este permeabilă la razele ultraviolete, fiind folosită la fabricarea tuburilor cu descărcări în gaze pentru iluminat (de ex., la lămpile cu vapori de mercur sau de sodiu de presiune înaltă); conținutul de B_2O_3 și Al_2O_3 face s. rezistentă la acțiunea vaporilor de sodiu. *Fibrele de* s., formate din cca 100 fire elementare cu grosimea de 5... ...6 microni, și *țesătura de* s. (cu grosime de 0,06...0,6 mm), se folosesc ca izolație pentru cabluri și pentru înfășurările mașinilor electrice. Împreună cu polimeri sintetici, se folosesc la fabricarea materialelor izolante stratificate (de ex., *sticlostratitexul*, denumirea veche sticlotextolit).

sticlostratitex → rășini sintetice.

stîlp → linie electrică de energie.

stingere a arcului electric → cameră de stingere.

stiroflex → polistiren.

stratitex → rășini sintetice.

străpungere, fenomen prin care se produc descărcări electrice în interiorul unui material izolant (dielectric), sub formă de scîntei sau de arc electric cu caracteristică voltampermetrică căzătoare, la depășirea unei anumite valori a intensității cîmpului electric *(→ rigiditate dielectrică)*. S. apare, la început, în locurile în care intensitatea cîmpului electric este maximă. La s. izolanților solizi, (de ex., a izolatoarelor), se produce deteriorarea lor, observîndu-se urme de-a lungul canalului de descărcare. La izolanții lichizi sau gazoși, efectul s. dispare după stingerea descărcării, substanțele își recapătă proprietățile izolante. Spre deosebire de *→conturnare*, care se produce la suprafață și care, de regulă, nu deteriorează izolatoarele, s. le face inutilizabile. În condiții date, pentru anumite forme și dimensiuni ale electrozilor de încercare, se poate defini *tensiunea de* s. Aceasta poate servi la compararea diferitelor materiale izolante numai în condiții de încercare identice. Tensiunea de s. alternativă se măsoară, în cazul izolanților solizi, cu ajutorul unor electrozi sferici sau plani, care dau cîmpuri electrice uniforme sau aproape uniforme, prin creșterea progresivă, lentă, a tensiunii alternative de încercare. Sub aspectul cauzelor care produc s., aceasta poate fi de natură *termică* (creșterea conductivității datorită încălzirii prin efect Joule), *electrică* (apariția purtătorilor de sarcină sub acțiunea cîmpului electric), sau, la izolanții solizi, de natură *chimică* (modificarea proprietăților chimice sub acțiunea temperaturii și presiunii). La lichide pure și gaze, s. este de natură electrică.

stroboscop, aparat de măsurare a turației prin iluminarea intermitentă a obiectului aflat în mișcare de rotație. Mișcarea obiectului apare deformată *(→ efect stroboscopic)*, turația aparentă fiind mai mare sau mai mică decît în realitate. Dacă frecvența de iluminare este egală cu frecvența de rotație, corpul apare imobil. *S. mecanic* iluminează corpul cu un fascicul de lumină întrerupt de un disc cu orificii, a cărui viteză de rotație se poate modifica cu un variator de turație cu con și rolă de fricțiune. *S. electronic* folosește o lampă cu descărcare în gaze rarefiate (de ex., neon), avînd inerție mică. Modificînd frecvența impulsurilor luminoase cu ajutorul unui generator electronic, pînă cînd obiectul apare imobil, se poate citi direct turația pe un cadran gradat, în dreptul indicatorului rotit de dispozitivul de reglare a frecvenței. Trebuie să se țină seama că obiectul poate apărea imobil și la frecvențe de rotație egale cu un multiplu sau submultiplu al frecvenței impulsurilor luminoase. *S.electric* folosește un tub cu neon alimentat cu impulsuri de tensiune redresate, la frecvență constantă (de ex., 50 Hz), obținute cu ajutorul unei bobine saturate (fig. 267,*a*). Tubul luminează numai cînd tensiunea depășește pra-

gul de amorsare, iar dacă frecvența de rotație a obiectului este aceeași cu frecvența impulsurilor de lumină (de ex., la 3 000 rot/min), un anumit

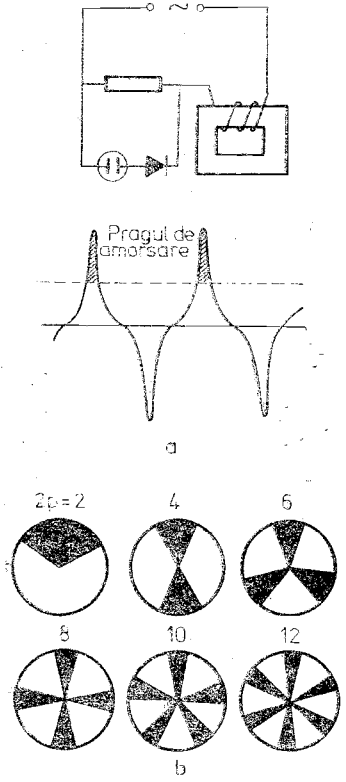


Fig. 267

punct aflat în rotație va fi iluminat în aceeași poziție, deci imaginea obiectului este fixă. La frecvențe mai mari sau mai mici, imaginea apare ca rotindu-se în același sens sau în sens contrar, cu o frecvență de rotație egală cu diferența celor două frecvențe. S. este utilizat pe scară largă la determinarea → *alunecării* motoarelor asincrone. Dacă motorul are p perechi de poli, se folosesc *discuri stroboscopice* (fig. 267,*b*), cu p sectoare înnegrite, fixate pe arborele motorului.

substație de tracțiune, → *stație electrică* destinată alimentării mijloacelor de transport care folosesc tracțiunea electrică cu fir de contact. Alimentarea **s.de t.** se face ca pentru → *consumatori* de categoria I. După felul curentului în linia de contact, **s.de t.** sînt de curent continuu și de curent alternativ, de frecvență redusă sau frecvență industrială (→ *tracțiune electrică*). *S.de t. de curent continuu* pentru tracțiunea urbană și suburbană folosesc ca surse de alimentare → *redresoare* cu vapori de mercur (**s.de t.** vechi), cu schema de redresare **hexafazate** cu bobină de absorbție, **sau, mai recent, redresoare cu diode de siliciu de putere, schema în punte trifazată.** Tensiunile normalizate sînt de 750 V (cu abateri între 500 și 900 V) și 1 500 V (U_{min} = 1 000 V, U_{max} = 1 800 V). *S.de t. de curent alternativ* monofazat, de frecvență **industrială**, pentru tracțiunea feroviară, are puteri instalate mari (30... ...50 MVA), fiind alimentate din sistemul electroenergetic la 110, 220 sau 400 kV. Tensiunea standardizată la pantograful locomotivei este de 25 kV (U_{min} = 19 kV, U_{max} = 27,5 kV). Pentru eliminarea dezechilibrului produs de sarcina monofazată se folosesc diferite scheme de → *simetrizare*. Schema unei **s.de t.** cu transformatoare legate în „V" este dată în fig. 268. Transformatorul de rezervă III poate fi conectat între oricare din cele 3 faze, pentru a putea înlocui fie pe I, fie pe II. Majoritatea separatoarelor (*SMEP, SBEP*) au cuțite de punere la pămînt, prevăzute cu blocaj mecanic față de poziția închisă a contactelor de lucru. Separatoarele care concură la manevre operative (de ex., trecerea pe rezervă), au comandă la distanță, fiind acționate de motoare de curent continuu. Linia de contact (de cale dublă), este alimentată de la barele de 25 kV prin fiderii $1F...4F$, prevăzuți cu

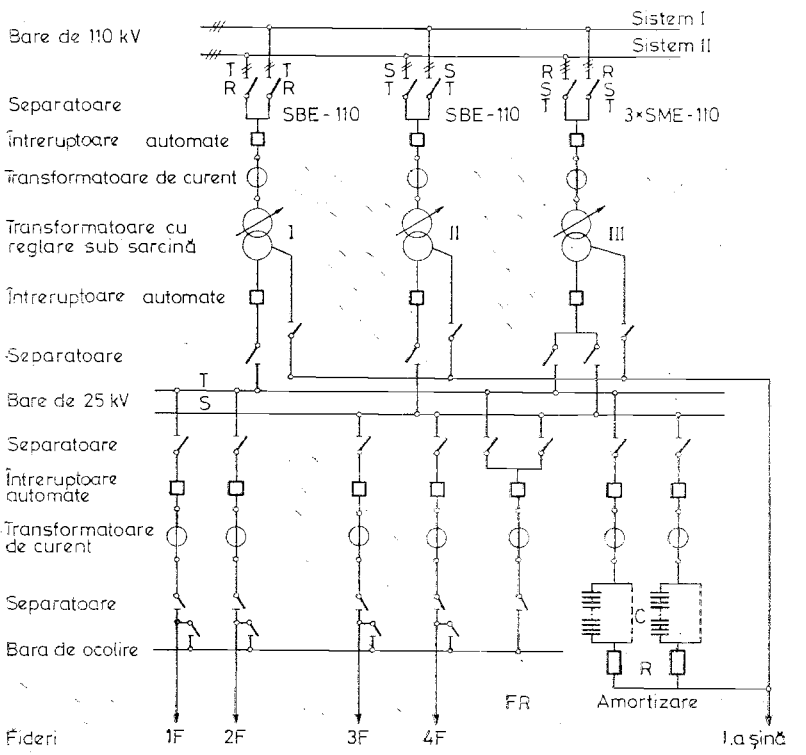


Fig. 268

întreruptor automat (cu ulei puțin), separatoare de bară și de linie și descărcătoare cu rezistență variabilă, pentru protecția la supratensiuni. Oricare din cei 4 fideri poate fi înlocuit, în caz de deranjamente sau reparații, cu fiderul de rezervă *FR*, prin bara de ocolire. Fiderii sînt prevăzuți cu protecție maximală de curent temporizată, cu protecție de impedanță și cu protecție de bare. Instalația de amortizare, alcătuită din condensatoare și rezistoare, are rolul de a modifica parametrii *LC* ai liniei de contact, pentru a se evita fenomenul de rezonanță pentru vreuna din armonicile superioare ale curentului locomotivelor.

subtraversare, loc de trecere a liniilor electrice de energie în cablu pe sub drumuri sau căi ferate. S. se face prin instalarea cablului în tuburi de fontă, beton sau bazalt, situate la o distanță minimă de 1 m față de suprafața drumului sau a traverselor. S. căilor ferate electrificate trebuie făcută folosind tuburi izolante.

succesiune a fazelor → **secvență**.

sudare electrică, operație de îmbinare nedemontabilă a pieselor metalice la care căldura necesară se obține pe

cale electrică. Rezultatul **s.e.** se numeşte *sudură* sau îmbinare sudată. **S.e.** se face prin mai multe procedee, care diferă prin modul de transformare a energiei electrice în căldură : **s.e.** cu arc, **s.e.** prin rezistenţă, **s.e.** în baie de zgură, **s.e.** cu fascicul de electroni. 1) *S.e. cu arc* foloseşte căldura degajată de arcul electric produs între → *electrozii de sudare* şi piesele de sudat. Avansul electrozilor poate fi manual sau automat. **S.e.** cu arc poate fi *cu arc descoperit*, la care se emit radiaţii luminoase vătămătoare, fiind necesare măşti de protecţie, sau *cu arc acoperit*, la care arcul arde sub un strat de pulbere (flux), care măreşte randamentul procesului prin micşorarea pierderilor prin radiaţia arcului şi protejează sudura de oxidare (fig. 269). **S.e.** *cu arc în atmosferă*

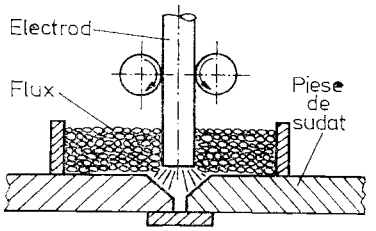


Fig. 269

protectoare (argon, CO_2) se aplică metalelor uşoare, oţelurilor aliate şi inoxidabile, precum şi metalelor neferoase. Electrodul poate fi fuzibil (consumabil) sau, mai frecvent, neconsumabil (fig. 270). Pentru ameliorarea condiţiilor de amorsare a arcului în curent alternativ, se poate utiliza un oscilator de înaltă frecvenţă, care se deconectează după amorsarea arcului, realizată fără atingerea electrodului de piesă. **S.e.** *cu arc trifazat* se aplică la îmbinarea pieselor de aluminiu sau a tablelor groase, folosindu-se doi electrozi conectaţi la două faze ale sursei de alimentare, a treia fază fiind legată la piesa de sudat. Se formează 3 arcuri, două directe,

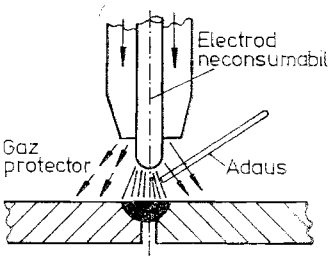


Fig. 270

între electrozi şi piesă şi unul indirect, între electrozi, concentrîndu-se o putere mare la locul îmbinării şi asigurînd o ionizare continuă a mediului, încît arcul arde fără întreruperi. 2) *S.e. prin rezistenţă* foloseşte pentru încălzirea pieselor la temperatura de sudare efectul termic al curentului prin rezistenţa de contact. **S.e.** *prin puncte* se aplică la îmbinarea tablelor metalice suprapuse, de la grosimi de cîţiva microni, pînă la cca 20 mm. Piesele ce se îmbină sînt presate cu ajutorul unor electrozi de cupru, prin care apoi se trece curentul de sudare. Cea mai mare rezistenţă apare la suprafaţa de contact dintre cele două piese, care se încălzesc, în această porţiune, pînă la temperatura de topire (fig. 271). **S.e.** *prin cusătură*

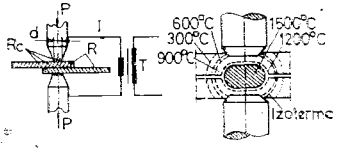


Fig. 271

(în linie) se execută cu ajutorul unor electrozi sub formă de discuri, între care sînt strînse tablele de sudat ce se deplasează cu o anumită viteză, fiind antrenate de electrozii-role. Mişcarea pieselor şi trecerea curentului prin electrozi poate fi continuă sau intermitentă. La **s.e.** *cap la cap*,

piesele, de regulă, de forma unor bare prismatice, sînt dispuse cap la cap şi apăsate una contra celeilalte. Sudarea se poate face prin două procedee : în stare solidă sau prin topire. La sudarea în stare solidă, după o strîngere iniţială a pieselor, se trece prin ele curentul de sudare concomitent cu mărirea presiunii, încît în locul îmbinării apare o refulare a materialului. Din cauza impurităţilor şi oxizilor de pe suprafeţele limitrofe ale pieselor, procedeul este limitat la bare cu diametrul sub 20 mm (de ex., la sudarea barelor de fanţ). La sudarea prin topire, după aducerea pieselor în contact şi apăsarea lor cu o presiune de 5... ...20 N/mm² se conectează transformatorul de sudare şi se încălzeşte locul îmbinării la 600...800°C (în cazul oţelului). Se reduce, apoi, presiunea la 2...5 N/mm², crescînd în acest fel rezistenţa zonei de contact. Suprafaţa reală de atingere a barelor se restrînge, curentul se dirijează doar prin cîteva puncte fizice, pe care le topeşte. După dispariţia vechilor proeminenţe se formează alte căi de trecere a curentului şi fenomenul se repetă pînă la topirea întregii zone de contact, o parte din metalul lichid formînd bavuri în exteriorul pieselor. Procedeul are avantajul unui consum redus de energie, nu necesită prelucrarea suprafeţelor de contact şi asigură o rezistenţă mecanică sporită. 3) *S.e. în baie de zgură* se aplică la îmbinarea plăcilor (cu grosimi peste 50 mm) şi se bazează pe căldura produsă la trecerea curentului printr-un strat de zgură topită, de conductivitate redusă. Procesul începe prin amorsarea arcului electric între electrozi şi piesa de sudat, sub strat de flux. După ce s-a format o baie de zgură, prin topirea fluxului, arcul se întrerupe, iar curentul trece de la electrod la piesă prin baie. În funcţie de grosimea pieselor de sudat, se folosesc unul sau mai mulţi electrozi. Îmbinarea sudată se face plecînd de la o plăcuţă de bază, sudată la partea inferioară a pieselor, asigurîndu-se un interstiţiu de 25...30 mm (fig. 272). Solidificarea se face forţat, cu ajutorul unor plăci de cupru răcite cu apă,

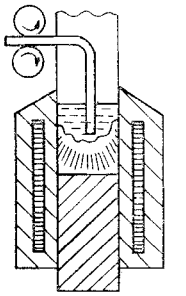


Fig. 272

deplasate odată cu mecanismul de sudare. 4) *S.e. cu fascicul de electroni* foloseşte pentru încălzire energia cinetică a electronilor acceleraţi într-un cîmp electric puternic, care la impactul cu piesa de sudat se transformă în căldură (→ *cuptor electric* cu fascicul de electroni). Procedeul se desfăşoară într-un vid înaintat, astfel că îmbinarea este ferită de acţiunea nocivă a agenţilor chimici atmosferici. 5) *S.e. cu plasmă* (→ *arc electric constrîns*). Alimentarea instalaţiilor de **s.e.** se face de la surse speciale (→ *surse de* **s.e.**).

suflaj magnetic → **cameră de stingere.**

supapă, ventil semiconductor.

superpoziţie, proprietate a structurii unor sisteme tehnice caracterizate de relaţii *lineare* şi *omogene*, conform căreia, fiind daţi parametrii care determină univoc starea şi evoluţia sistemului considerat, valoarea oricăreia dintre mărimile de stare ale sistemului este suma valorilor determinate de fiecare parametru în parte, în condiţiile cînd toţi ceilalţi parametri ar fi egali cu zero. În electrotehnică, metoda **s.** se aplică, de ex., la determinarea curenţilor din reţelele

electrice lineare izolate, calculînd curentul unei laturi prin însumarea curenților ce ar fi produși în acea latură de fiecare din tensiunile electromotoare dacă ar exista independent (celelalte tensiuni fiind nule). Dacă i_{jk} sînt curenții din laturile j, cînd numai tensiunea electromotoare u_{ek} din latura k ar fi nenulă, curenții i_j (din situația reală, cînd toate tensiunile electromotoare sînt diferite de zero) se află prin însumarea curenților i_{jk} produși de fiecare sursă în parte, $i_j = \sum_{k=1}^{L} i_{jk}$, L fiind numărul laturilor. Sin. *suprapunere a efectelor.*

supraconductivitate, proprietate a unui material de a prezenta rezistivitate scăzută practic la valoarea zero atunci cînd este supus unei temperaturi critice și la valori ale intensității cîmpului magnetic suficient de mici. Se poate observa la inducerea unei tensiuni electromotoare într-o spiră supraconductoare închisă și măsurînd curentul, care se poate menține la valoare neschimbată timp de cîteva luni, neexistînd pierderi de energie prin efect termic. S. a fost pusă în evidență, în special, la metalele și aliajele care la temperaturile uzuale au o rezistivitate relativ mare. Una din cele mai ridicate temperaturi critice o prezintă aliajul Nb_3Ge : $T_c = 23$ K.

supraconductor, material (metal sau aliaj) care prezintă → *supraconductivitate*. Sub aspectul proprietăților magnetice, supraconductoarele se împart în două grupe. 1) *S.de speța întîia* la care sub valoarea intensității critice a cîmpului magnetic, H_c, inducția magnetică în interiorul corpului este nulă, cu excepția unui strat superficial extrem de subțire, cu grosime de cca 10^{-7}m *(stare Meissner)*. Acest strat superficial, prin care trece curentul s., are rol de ecran magnetic pentru interior. La depășirea locală a lui H_c apare o stare în care domeniile cu conductivitate normală și cele cu supraconductivitate alternează. Domeniul de utilizare a acestor s. este foarte restrîns, din cauza valorii scăzute a lui H_c. 2) *S.de speța a doua* se află în starea Meissner numai pînă la intensități ale cîmpului magnetic sub valoarea critică inferioară H_{c1}. Peste această valoare, s. se află într-o stare intermediară, fluxul magnetic pătrunde în interior sub formă de „filamente" (domenii subțiri cu inducție diferită de zero alternează cu domenii s., cu inducție magnetică nulă). Numai peste o valoare critică superioară a intensității cîmpului magnetic H_{c2}, întregul conductor prezintă conductivitate normală. În timp ce s. de speța a doua *magnetic reversibile* nu sînt capabile să transmită curenți fără pierderi în starea intermediară, s. de speța a doua *magnetic ireversibile* (numite și s. de speța a treia sau s. dure), pot fi încărcate, în această stare, cu densități de curent foarte mari, fără să se producă pierderi. Valoarea relativ ridicată a lui H_{c2} a permis utilizarea s. ireversibile în construcția → *electromagneților* și a înfășurărilor de excitație ale generatoarelor sincrone de foarte mare putere, a → *cablurilor electrice de energie* și a suspensiei vehiculelor cu → *pernă magnetică*. La pătrunderea bruscă a fluxului magnetic în s.ireversibile pot interveni fenomene de *instabilitate*, de pierdere a supraconductivității, energia magnetică înmagazinată în s. transformîndu-se în căldură. Stabilizarea acestor s. se poate face în două moduri. 1) *Criostatic*, prin conectarea în paralel cu s. a unor materiale cu conductivitate normală (cupru sau aluminiu), pentru ca în cazul salturilor de flux curentul să poată fi deviat prin ele, fără încălziri apreciabile, pentru ca s. să poată intra din nou în starea de supraconductivitate. 2) *Adiabatic*, prin realizarea s. cu grosimi atît de mici, încît energia disipată în cazul apariției instabilității să fie mai mică decît căldura ce o poate prelua s., corespunzător

capacității sale termice, fără ca temperatura să i se ridice în mod considerabil. Din considerente tehnologice, s. se confecționează sub formă multifilară, iar → *torsadarea* filamentelor asigură o stabilitate mai bună la modificări bruște de flux magnetic. *S.de curent alternativ* prezintă pierderi minime la transportul curentului alternativ, cînd apar pierderi prin histerezis chiar în starea Meissner (în stratul superficial). În cazul în care intervine numai cîmpul magnetic propriu, pierderi minime se obțin în s. de formă tubulară. În cîmpuri magnetice exterioare puternice, s. ireversibile de formă multifilară, torsadate sau împletite (cu diametre ale filamentelor pînă la 5 microni) au cele mai mici pierderi. Pentru reducerea pierderilor prin curenți turbionari, s. multifilare sînt prevăzute cu straturi de material de rezistivitate ridicată. Sursele de căldură din s. trebuie reduse la minimum, căci procesul de producere a frigului în → *criostate*, pentru menținerea constantă a temperaturii s., se face cu randamente scăzute.

supracurent, curent mai mare decît curentul nominal al unui circuit, mașină sau aparat electric. S. pot apărea la funcționarea normală (de ex., la pornirea, frînarea sau reversarea motoarelor electrice) sau la deranjamente (suprasarcini de lungă durată sau scurtcircuite). S. care apar la scurtcircuit se numesc → *curenți de scurtcircuit*. S. pot deteriora echipamentele electrice sau liniile de alimentare prin solicitări electrodinamice sau prin supraîncălzire, motiv pentru care se face → *protecția instalațiilor electrice* la s., → *protecția generatoarelor*, → *protecția motoarelor*, → *protecția transformatoarelor*.

supraîncărcabilitate, capacitate de supraîncărcare.

suprapunere anodică → comutație.

suprapunere a efectelor, superpoziție.

suprasarcină, sarcină mai mare decît cea corespunzătoare încărcării nominale a circuitelor, mașinilor și aparatelor electrice, care, în general, poate duce la deteriorarea echipamentului respectiv *(→ capacitate de supraîncărcare)*.

supratensiune, tensiune anormală, în general de scurtă durată, cu amplitudinea mai mare decît valoarea maximă a tensiunii nominale, care poate periclita echipamentele electrice prin deteriorarea izolației *(→ protecția instalațiilor electrice la supratensiune)*. În funcție de cauzele care determină apariția s., acestea pot fi s. interne și s. externe. *S.interne* (de comutație) își au originea în însăși rețeaua în care se produc, care le furnizează energia necesară. S. interne apar datorită proceselor de comutație, voite sau accidentale, prin care se modifică brusc parametrii circuitelor electrice (de ex., deconectări rapide ale unor circuite inductive, cum sînt transformatoarele în gol, întreruperea unor circuite cu puneri la pămînt sau cu scurtcircuite, deconectarea liniilor de înaltă tensiune în gol, a cablurilor sau condensatoarelor etc.). S. interne se produc și datorită fenomenelor de rezonanță, care se produc la frecvența rețelei sau la frecvența armonicilor superioare. Tot s. interne se consideră creșterile de tensiune la capătul liniilor lungi în gol *(efect Ferranti)*, la funcționarea defectuoasă a regulatoarelor de tensiune în cazul descărcărilor bruște de sarcină, la instalațiile de compensare a puterii reactive care dau factor de putere capacitiv sau la blocarea dispozitivelor semiconductoare de putere. S. interne se iau în considerare la dimensionarea izolației rețelelor și echipamentelor electrice *(→ coordonarea izolației)*. Pentru aprecierea solicitărilor date de s., acestea se determină prin măsurători efectuate pe rețeaua considerată (de ex., la încercarea în scurtcircuit), sau prin calcul, cu calculatoare numerice sau pe → *modele de rețea*, echipamen-

tele fiind simulate cu parametrii lor tranzitorii. În rețelele cu tensiuni cuprinse între 45 și 100 kV s-au măsurat următoarele s., ca multiplu al tensiunii nominale: *1)* la puneri la pămînt: rețele cu neutrul izolat — 2, 3...3 (prin deplasarea neutrului); rețele cu neutrul legat direct la pămînt — 4; *2)* la deconectări de linii în gol: în cabluri — 2,7...3; aeriene cu neutrul izolat — 3...4; aeriene cu neutrul legat prin → *bobine de stingere* — 2,5...3; aeriene cu neutrul legat direct la pămînt — 2... ...2,5; *3)* la deconectări de transformatoare în gol sau cu sarcini inductive — 1,4...4,5 pe primar și 1,3... ...2,3 pe secundar. Tensiunea de amorsare, la frecvența industrială, a eclatoarelor de protecție montate direct pe izolatoare, se reglează, de regulă, la valoarea dublă a tensiunii maxime nominale. *S.externe* se produc prin acțiunea descărcărilor atmosferice sau prin → *influență electrostatică* și *electromagnetică* dată de rețele învecinate aflate în regim de avarie. *S.atmosferice* se produc prin loviturі directe de trăsnet, în conductoarele active sau de protecție (→ *fir de gardă*), sau prin înfînența loviturilor de trăsnet în apropierea liniei. S. atmosferice se propagă sub formă de unde mobile de impuls, care prin reflectarea în punctele de discontinuitate (intrarea în transformatoare, trecerea de la linia aeriană în cablu, capătul liniei), pot determina creșterea valorii s. Amplitudinea impulsului poate atinge mai multe mii de kV, durata frunții impulsului — cîteva microsecunde, iar durata semiundei — zeci și sute de μs. S. date de loviturile indirecte de trăsnet, cu amplitudini de sute de kV, sînt mai periculoase pentru linii cu tensiuni sub 110 kV.

supravoltor-devoltor, aparat sau mașină electrică înseriată cu o sursă de energie electrică, pentru ca tensiunea sa să se adune sau să se scadă din tensiunea sursei. S.-d. poate fi un transformator, cu secundarul legat în serie cu sursa (de ex., un transformator principal), iar primarul legat în paralel, un → *regulator de inducție*, sau un generator, de curent continuu sau alternativ (de ex., generator sincron).

surdină, armătură amortizoare de zgomot prin care linia de contact de tracțiune urbană se leagă de pereții clădirilor.

sursă de energie electrică, generator, convertor, element galvanic, acumulator.

sursă de sudare electrică, sursă care furnizează energia necesară sudării electrice. 1) *S.de s.e. cu arc* pot fi de curent alternativ sau de curent continuu și trebuie să îndeplinească următoarele condiții: *a*) Să fie reglabile, pentru a putea alege curentul de sudare în funcție de grosimea pieselor; *b*) Să aibă o caracteristică exterioară $U = f(I)$ căzătoare, pentru ca variația curentului să nu fie mare la variații ale lungimii arcului, iar tensiunea de mers în gol să fie suficientă pentru amorsarea arcului (60... ...70 V); *c*) Să aibă comportare dinamică bună, care să asigure o restabilire rapidă a tensiunii după dispariția scurtcircuitului, ceea ce implică o inerție electromagnetică redusă. *S.de s.e.cu arc în curent alternativ* sînt transformatoare speciale, la care caracteristica căzătoare se obține prin înserierea unei bobine cu miez de fier, care asigură și o ardere mai bună a arcului, fără pauze de curent, prin mărirea fluxului magnetic de scăpări cu ajutorul unui șunt magnetic (fig. 273), sau, mai rar, prin amplasarea înfășurărilor la distanță mare, reglabilă. La transformatorul cu șunt magnetic, care este cel mai răspîndit, modificarea curentului se face în trepte, prin schimbarea raportului de transformare și continuu, între trepte, prin deplasarea șuntului magnetic. *S.de s.e.cu arc în curent continuu* sînt generatoare de

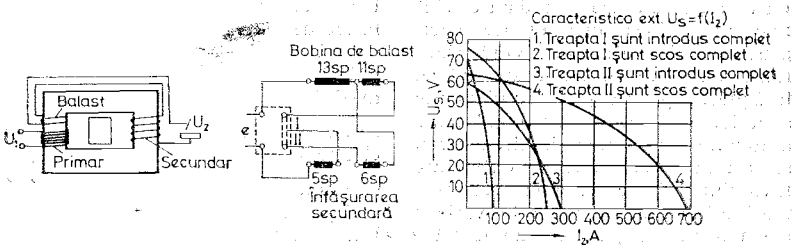


Fig. 273

construcție specială, antrenate de motoare asincrone cu rotor în scurtcircuit, avînd carcasă comună, sau redresoare cu diode de siliciu sau tiristoare, alimentate de transformatoare trifazate. Cele mai răspîndite generatoare de sudare sînt cu 3 perii, a treia perie fiind astfel amplasată încît tensiunea culeasă față de peria a doua să fie practic constantă, de la mers în gol pînă la sarcina maximă, pentru a se alimenta înfășurarea de excitație. La generatorul cu excitație derivație și serie antagonistă (fig. 274), fluxul care induce tensiunea în periile *a* și *c*, este menținut constant prin compensarea reacției indusului de către înfășurarea serie; reglarea curentului se face prin modificarea numărului de spire la înfășurarea serie și prin reglarea curentului de excitație (derivație). La generatorul cu poli divizați, polii care dau tensiunea U_{ac} sînt puternic saturați, deci au flux practic constant, iar reglarea curentului de sudare se face în cîteva trepte, prin decalarea periilor și continuu, prin reglarea curentului de excitație al înfășurării de pe polii auxiliari $N_q S_q$ (fig. 275). O decalare prea mare a periilor dă dificultăți de comutație, pe cînd o modificare prea mare a curentului de excitație dă variații prea mari ale curentului de mers în gol. Caracteristicile exterioare ale unui astfel de generator, cu trei poziții (1, 2, 3) ale periilor, sînt date în fig. 275,*c*. Re-

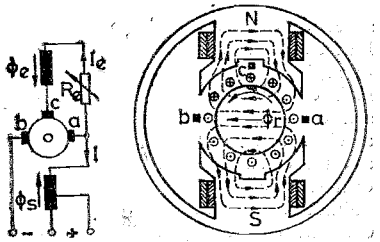


Fig. 274

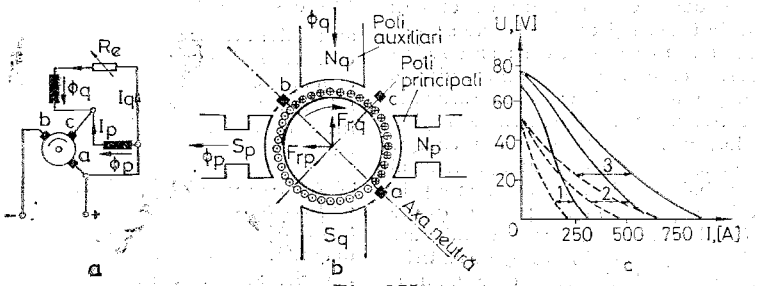


Fig. 275

dresoarele de sudare sînt mai robuste și mai ușoare decît generatoarele rotative, avînd siguranță mai mare, fiind aparate statice, fără piese supuse uzurii, și randamente superioare. Asociate cu regulatoare automate, care comandă tiristoarele, se asigură caracteristici exterioare favorabile și se elimină variațiile tensiunii de mers în gol la variații ale tensiunii rețelei de alimentare. 2) *S.de s.e.prin rezistență* sînt transformatoare monofazate, care în secundar au tensiuni de cîțiva volți, iar curenți de zeci și sute de kA. Miezul este în mauta, construcție care asigură inductivități mici de scăpări și protecție mecanică înfășurărilor. La variantele noi, miezul se înfășoară din tablă silicioasă trasă la rece, cu permeabilități magnetice mari și pierderi reduse în fier. Înfășurarea secundară, cu una sau două spire, este confecționată din bandă, de 0,2...0,5 mm grosime, în mănunchiuri paralele, răcite natural, sau din plăci sau țevi de cupru, cu răcire cu apă. Înfășurarea primară, sub formă de bobine disc, este intercalată între elementele spirei secundare și este prevăzută cu prize, pentru modificarea raportului de transformare, în scopul reglării curentului de sudare corespunzător cu grosimea pieselor ce se sudează. Comanda transformatoarelor de sudare se face, de regulă, cu contactoare statice, cu ignitroane sau tiristoare. La sudarea aliajelor ușoare, cu conductivități termice mari, sînt necesare regimuri „dure" de sudare, caracterizate de curenți foarte intenși și durate foarte scurte. **S.de s.e.** în aceste cazuri sînt redresoare, care încarcă condensatoare, energia înmagazinată fiind furnizată electrozilor prin descărcarea rapidă a lor. Există și **s.de s.e.** cu energie înmagaziuată în cîmpul magnetic al unor bobine. Mașinile de sudare prin rezistență de mare putere (peste 1 000 kVA), folosesc transformatoare trifazate și → *ciclocouverloare* cu tiristoare sau ignitroane, care alimentează electrozii cu tensiuni monofazice de frecvență redusă, în scopul încărcării simetrice a rețelei și îmbunătățirii factorului de putere al mașinii.

sursă electrică de lumină → **lampă electrică.**

susceptanță (**B**), mărime scalară definită pentru un circuit electric dipolar linear și pasiv, în regim sinusoidal permanent, prin raportul dintre valoarea efectivă I_r a componentei reactive a curentului din circuit și valoarea efectivă, U_b a tensiunii la borne, $B = I_r/U_b = I \sin \varphi/U_b$, unde I este curentul din circuit, iar φ — defazajul dintre tensiunea la borne și curent. Între s., admitanța Y, conductanța G, impedanța Z, rezistența R și reactanța X ale circuitului există relația $B = Y \sin \varphi = -\operatorname{Im}\{\underline{Y}\} = \sin \varphi/Z = X/Z^2 = \sin^2 \varphi/X = \sin^2 2\varphi/(2R) = \pm\sqrt{Y^2 - G^2}$ (semnul + pentru circuite inductive, — pentru circuite capacitive). Unitatea de măsură a s. este *siemensul*, S, $1\,S = 1\,\Omega^{-1}$.

susceptanță echivalentă, mărime scalară caracteristică unei rețele lineare, în regim sinusoidal permanent, definită ca partea imaginară, cu semn schimbat, a → *admitanței echivalente* a circuitului, $B_e = -\operatorname{Im}\{\underline{Y}_e\}$. **S.e.** a unui circuit dipolar pasiv, format dintr-un rezistor cu rezistența R, o bobină cu inductivitatea L și un condensator cu capacitatea C, legate în serie, are expresia $B = \{\omega L - 1/(\omega C)\}/\{R^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2\}$.

susceptivitate electrică, χ_e, la un corp omogen și izotrop, mărime adimensională egală cu → *permitivitatea* relativă minus 1, $\chi_e = \varepsilon_r - 1$. **S.e.** intră în expresia → *polarizației electrice*.

susceptivitate magnetică, χ_m, factor de proporționalitate între → *magnetizația* M' și intensitatea cîmpului magnetic H, conform relației $M' = \chi_m H$. **S.m.** este numeric egală cu

→ *permeabilitatea relativă* minus 1, $\chi_m = \mu_r - 1$. La corpuri diamagnetice, **s.m.** este negativă; la corpuri paramagnetice, $\chi_m > 0$; la corpuri feromagnetice $\chi_m \gg 0$.

suspensie catenară, suspensie care servește la susținerea firului de contact în tracțiunea electrică feroviară, pentru a-i asigura o elasticitate uniformă. Firul de contact este suspendat de un → *cablu purtător*, cu ajutorul unor → *pendule*, formîndu-se niște catene (fig. 276). Cablul purtător *6* este fixat de stîlpii de trecere *1* cu ajutorul consolei *2* și contrafișei *3*, iar de stîlpii de ancorare *12*, cu izolatoare taler *10*; firul de contact *7* este suspendat de pendulele *8* și fixat pe orizontală, în zig-zag, cu fixatorul *4*, fiind legat conductiv de cablul purtător prin legăturile electrice din funie de cupru *9*. Ancorarea firului de contact, la **s.e.** semicompensată, se face cu compensatorul cu contragreutăți *11*. Izolația față de stîlpii de trecere se face cu izolatoare tip baston *5*. În detaliile prezentate se arată secțiuni prin cablul purtător, firul de contact și pendul.

sustentație magnetică → **pernă magnetică.**

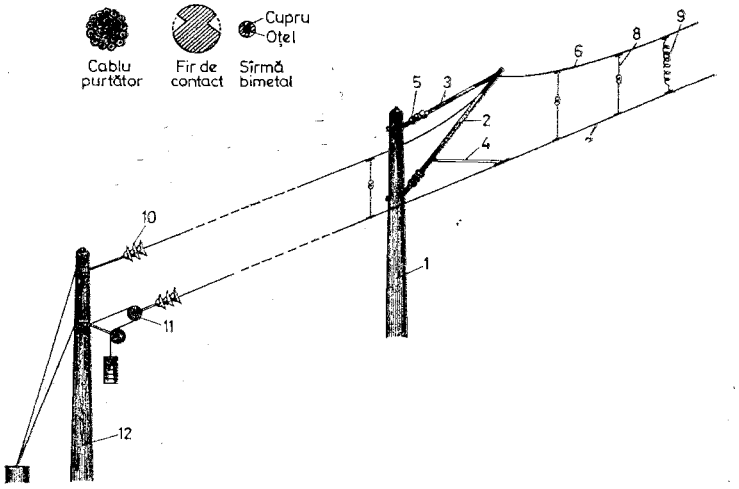


Fig. 276

șanț de cabluri, șanț în care se face → *pozarea cablurilor* în pămînt. Se execută pe partea necarosabilă a drumurilor și au dimensiuni în funcție de numărul și tensiunea cablurilor care se pozează: pentru tensiuni pînă la 10 kV, lățimea 0,1...0,15 m, adîncimea 0,7...0,8 m; pentru tensiuni peste 10 kV, lățimea 0,2... ...0,25 m, adîncimea 1...1,4 m. La baza **ș.de c.** se pune un strat de nisip de cca 15 cm grosime, iar peste cablu

se aşază cărămizi sau elemente prefabricate din beton, pentru protejarea cablului de loviri în timpul dezgropării (fig. 277).

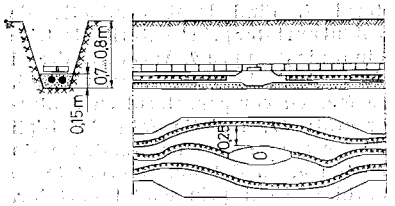


Fig. 277

şerlac, răşină naturală de origine animală cu proprietăţi electroizolante; rigiditate dielectrică 20...30 kV/mm; permitivitate relativă 5 (dependentă de temperatură); tg δ = 0,01; temperatura de înmuiere 80...90°C; temperatnra de topire 110...120°C. Se prezintă sub formă de solzi subţiri, arde uşor şi este solubil în alcool, alcalii, acizi, dar insolubil în uleiuri. Prin combinare cu alte răşini naturale sau sintetice s. capătă proprietăţi superioare. Se utilizează ca lac electroizolant (solvent fiind alcoolul), de ex., la fabricarea micanitei.

şir de tensiuni electrochimice → **potenţial de electrod.**

şunt de măsură, dispozitiv folosit la extinderea *domeniului de măsurare* a ampermetrelor sau la alimentarea bobinelor de curent ale unor relee. Este un rezistor confecţionat din manganină, pentru a avea rezistenţa cît mai constantă la variaţii ale temperaturii, de forma unor benzi sau bare rotunde, sudate la extremităţi de cîte o piesă de cupru. Aceste piese au borne de curent, de secţiune mare, pentru racordarea în circuitul de putere şi borne de tensiune, de secţiune mică, pentru racordarea la ampermetru (fig. 278). Caracteristicile **ş.de m.** sînt curentul nominal (de la zeci la mii de amperi), tensiunea nominală (de regulă, 75 mV) şi clasa de precizie. Pentru extinderea de *n* ori a domeniului de măsurare a unui ampermetru cu rezistenţa interioară

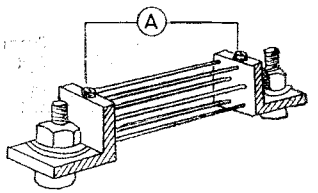


Fig. 278

R_A, **ş.de m.** trebuie să aibă rezistenţă $R_ş = R_A/(n-1)$.

şunt magnetic, ramură a unui circuit magnetic folosită pentru devierea unei părţi a fluxului magnetic principal. Se utilizează la instrumente de măsură, pentru reducerea fluxului magnetic al magneţilor permanenţi sau la transformatoare de sudare cu arc, pentru modificarea curentului.

T

t, simbol pentru timp.

T, simbol pentru constanta de timp.

T, simbol pentru perioada funcţiilor periodice de timp.

T, simbol pentru temperatura absolută.

T (tera) → **unităţi de măsură.**

T → **tesla.**

tablă silicioasă, tablă cu grosimi de 0,2...1 mm laminată din oţel aliat cu siliciu (pînă la maximum 4,5% Si), folosită ca material magnetic la construcţia circuitelor magnetice ale maşinilor şi aparatelor electrice. Faţă de tabla de oţel, **t.s.** are proprietăţi magnetice mai bune şi pierderi mai mici (pierderile prin histerezis scad cu creşterea procentului de siliciu, iar pierderile prin curenţi turbionari se reduc datorită creşterii rezistivităţii prin alierea cu siliciu). **T.s.** pentru transformatoare are grosimi de 0,35 mm şi un procent ridicat de siliciu, iar **t.s.** pentru maşini rotative, grosimi de 0,5 mm şi conţinut mai redus de siliciu. În funcţie de gradul de aliere, **t.s.** se împarte în 4 grupe: E—I (0,4...0,8% Si), E—II (0,6... ... 1,2% Si), E—III (1,8...2,3%Si), E—IV (3,6...4,5% Si). În construcţia transformatoarelor intră, în prezent, numai *t.s. laminată la rece (tablă texturată)*, care are cristalele orientate şi proprietăţi magnetice mai bune în direcţia laminării (de ex., la **t.s.** E—III pierderile specifice în fier, la 1 T şi 1,5 T, sînt la tabla texturată de $p_1 = 0{,}45...0{,}55$ W/kg şi $p_{1{,}5} = 1{,}1...1{,}4$ W/kg, iar la tabla laminată la cald de $p_1 = 1{,}2...1{,}3$ W/kg şi $p_{1{,}5} = 3...3{,}5$ W/kg). Tabla texturată se obţine din **t.s.** laminată la cald pînă la 2,5 mm, laminare urmată de o curăţire a suprafeţei, mecanică sau chimică. Laminarea este cu atît mai dificilă, cu cît conţinutul de siliciu este mai mare. Laminarea la rece se face în două etape intercalîndu-se tratamente termice de recoacere şi de reducere a procentului de carbon la sub 0,005%. Suprafaţa **t.s.** texturate este foarte netedă, ceea ce asigură un factor mare de umplere a circuitului magnetic. Izolarea tolelor se face cu un strat extrem de subţire de lac sau material ceramic (carlit). Tabla texturată are pierderi în fier în cîmp magnetic paralel cu direcţia laminării de cca 3 ori mai mici decît în direcţie perpendiculară, lucru de care trebuie să se ţină seama la croirea şi ştanţarea tolelor.

tablă texturată → **tablă silicioasă.**

tablou de comandă, panou pe care sînt amplasate aparatele de comandă, → *semnalizare*, protecţie, reglare, măsură ale instalaţiilor electroenergetice din centralele şi staţiile electrice (→ *pupitru de comandă*).

tablou de distribuţie, parte componentă a instalaţiilor electrice care serveşte la distribuirea energiei electrice pe circuite, cuprinzînd bare, cleme de şir, aparate de comutaţie, protecţie, măsură sau semnalizare. Din punct de vedere al protecţiei contra atingerilor sau a pătrunderii corpurilor străine (→ *grade de protecţie*), **t.de d.** se împart în: deschise, închise şi capsulate. *T.de d. deschise*

au grade de protecție de IP 00... ...IP 22 inclusiv. În această categorie intră **t.de d.** pe plăci de marmură neprotejate, tablouri pe stelaje metalice, panouri cu acces prin spate etc. *T.de d.închise* au grade de protecție de IP 23...IP 33 inclusiv (de ex., **t.de d.** pe marmură închise în dulapuri sau nișe cu ramă și ușă, **t.de d.** cu sertare debroșabile, firide, blocuri de apartamente etc.). *T.de d. capsulate*, cu grad de protecție de minimum IP 43, constau din cutii metalice sau din materiale plastice etanșe și sînt cele mai răspîndite în industrie. Tot în această categorie intră și dulapurile metalice etanșe. **T. de d.** capsulate pot fi instalate în medii umede, cu praf, cu pericol de incendiu, cu degajări de gaze sau vapori corosivi, dar nu pot fi utilizate în medii cu pericol de explozie, la care se cere protecție specială (*→ protecție antiexplozivă*). În cutii se montează bare pe care se fac legăturile electrice de derivație, întreruptoare, contactoare, siguranțe fuzibile, transformatoare și instrumente de măsură (fig. 279). Cutiile sînt confecționate din tablă de oțel cu grosime de 1,5 mm, din aliaje de aluminiu, din materiale plastice și mai rar, din fontă. Racordarea tuburilor de protecție a

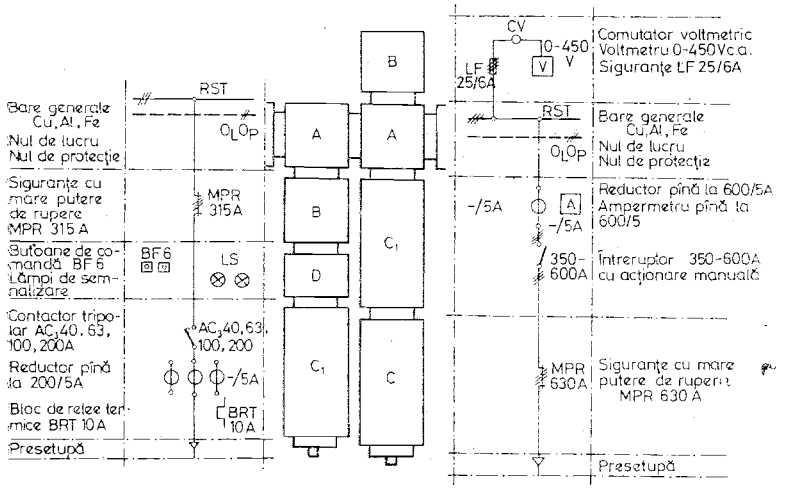


Fig. 279

conductelor se face prin ștuțuri montate în capace de tablă ambutisate, iar racordarea cablurilor, prin capete terminale.

tahogenerator, mașină electrică specială a cărei tensiune este proporțională cu viteza unghiulară a arborelui rotorului. **T.** se utilizează la măsurarea analogică a turației, pentru afișare (*→ tahometre electrice*), sau pentru regulatoare automate. La funcționarea în sarcină a **t.** apar abateri de la caracteristica ideală tensiune-viteză unghiulară, $U = k\Omega$, din cauza căderilor de tensiune și a variației fluxului de excitație, produse de ex., de reacția indusului. După principiul de funcționare, **t.** sînt de 3 tipuri: sincrone, asincrone și de curent continuu. *T.sincrone* sînt generatoare

sincrone monofazate excitate cu magneți permanenți. Tensiunea de ieșire și frecvența sa sînt proporționale cu turația. Deoarece în sarcină apar abateri importante de la caracteristica ideală tensiune-viteză, în special datorită dependenței reactanței indusului de frecvență, **t.** sincrone nu se folosesc în instalațiile de reglare automată, ci numai ca aparate indicatoare, prevăzute cu un voltmetru al cărui scară este gradată în unități de turație sau viteză unghiulară. *T. asincrone* au o construcție asemănătoare cu *→ servomotorul* asincron bifazat cu rotorul în formă de pahar, dar prezintă un cuplu electromagnetic extrem de redus. Pe stator se află două înfășurări distincte, decalate în spațiu cu 90°, una de excitație, alimentată cu tensiune alternativă sinusoidală de amplitudine și frecvență constante și una de ieșire, în care se induce o tensiune electromotoare proporțională cu turația, avînd frecvența egală cu cea a tensiunii de excitație. Proporționalitatea dintre turație și tensiunea de ieșire se menține pînă la cca 30% din turația sincronă. În repaus, tensiunea indusă în înfășurarea de ieșire, teoretic nulă, este de cca 1% din valoarea corespunzătoare turației de 1 000 rot/min, din cauza nesimetriei inevitabile a sistemului electromagnetic. Principalul avantaj al acestui **t.** este independența frecvenței tensiunii de turație. Frecvența tensiunii de excitație se poate lua de ordinul sutelor de Hz (de ex., 400 Hz), ceea ce duce la miniaturizarea **t.**, iar tensiunea de ieșire se poate redresa și filtra. *T.de curent continuu* sînt generatoare de curent continuu cu excitația (de regulă, cu magneți permanenți) pe stator și cu rotor cu înfășurare de tip indus și colector. La flux de excitație constant, tensiunea electromotoare indusă este proporțională cu viteza unghiulară, $U_e = K\Omega$. În sarcină, tensiunea la borne este, de asemenea, proporțională cu viteza, $U = U_e/(1 + R_a/R_s)$, unde R_s este rezistența de sarcină, iar R_a — rezistența indusului, inclusiv rezistența de trecere la perii. Totuși, precizia **t.** de curent continuu este relativ redusă (clasa 2,5), datorită modificării fluxului de excitație cu temperatura și variației rezistenței de trecere la perii. Crestăturile indusului și numărul finit de lamele de colector determină apariția unei componente alternative în tensiunea la borne, ceea ce afectează, de asemenea, precizia mașinii. **T.** de precizie (cu erori de cca 0,1%) se obțin prin folosirea excitației cu magneți permanenți cu compensare de temperatură, prin evitarea jocului în lagăre (lagăre de precizie), prin utilizarea unor perii speciale (de ex., perii metalice pe bază de argint) și prin soluții constructive care să elimine influența crestăturilor și colectorului asupra formei tensiunii induse (de ex., colectoare disc). O atenție deosebită trebuie acordată cuplajelor, care trebuie să fie elastice, dar cu rigiditate la torsiune (de ex., cuplaje cu membrană flexibilă). Se preferă construcția **t.** cu flanșă, la care **t.** este fixat de carcasa motorului a cărui turație o măsoară (**t.** *incorporat*). Se construiesc și *t.polifazate de medie frecvență*, cu redresoare și filtre, care prezintă avantajul lipsei contactelor, dar nu sesizează schimbarea sensului de rotație.

tahometru, aparat de măsurare a turației sau vitezei unghiulare a unui corp aflat în mișcare de rotație. După principiul de funcționare se deosebesc: *t.* mecanice (centrifugale), hidraulice, hidromecanice, pneumomecanice, magnetice (cu curenți turbionari), electrice (*→ tahogenerator*), electronice, stroboscopice (*→ stroboscop*). Cele mai răspîndite sînt *t.centrifugale*, cu construcție simplă, dar de mare precizie (0,1%) și **t.** cu curenți turbionari, robuste și fiabile. *T. cu curenți turbionari* funcționează pe principiul motorului asincron cu rotor în scurtcircuit și constau dintr-o colivie cu bare de cupru, sau, mai

freevent, un pahar de aluminiu, în interiorul căruia se rotește, cu turația ce trebuie măsurată, un magnet permanent, al cărui cîmp magnetic se închide prin niște piese de oțel moale. În colivie sau pahar se induc tensiuni electromotoare care produc curenți turbionari proporționali cu turația, care, interacționînd cu cîmpul magnetic inductor, dau naștere unui cuplu ce rotește indusul, de care este fixat un ac indicator, pînă în poziția în care se egalează cuplul antagonist dat de un resort. Pe același principiu funcționează și *releul de viteză*, utilizat, de ex., la deconectarea motoarelor asinerone frînate prin conectare inversă, la atingerea turației zero, pentru a se evita pornirea în sens contrar. Datorită construcției lor robuste, **t.** cu curenți turbionari se folosesc frecvent ca *vitezometre* pe autovehicule, a căror viteză de deplasare este proporțională cu turația roții, mișcarea de rotație fiind transmisă la **t.** fixat la bord printr-un cablu flexibil. Sin. *turometru*.

talpă polară, piesă polară.

tarif binom, tarif pentru energia electrică furnizată consumatorilor industriali, care cuprinde, pe lîngă taxa corespunzătoare energiei electrice active consumate (lei/kWh), o taxă pentru puterea maximă absorbită (lei/kW), în scopul stimulării uniformizării puterii cerute (aplatizării *curbei de sarcină*). Contoarele pentru **t.b.** au o construcție specială, reținînd și valoarea puterii maxime absorbite.

teflon, politetrafluoretenă.

telecomandă → telemecanică.

telemăsurare → telemecanică.

telemecanică, ansamblul procedeelor și mijloacelor tehnice de transmitere la distanță a unor informații între persoane și sisteme tehnice sau numai între sisteme. Spre deosebire de **t.**, telecomunicațiile asigură transmiterea informațiilor numai între persoane. **T.** îndeplinește următoarele funcții: *Telecomanda*, care asigură transmiterea la distanță a unor comenzi (de ex., comanda anclanșării sau declanșării unui întreruptor, a pornirii sau opririi unui utilaj sau agregat etc.). Dacă comenzile provin de la un regulator automat, **t.** îndeplinește funcția de telereglare. *Telemăsura*, care asigură transmiterea la distanță a valorilor unei mărimi măsurate, după convertirea ei într-o mărime intermediară, de obicei electrică, apță de a fi transmisă în condiții optime. *Telesemnalizarea*, prin care se transmit la distanță semnale privind starea obiectelor telecomandate (de ex., starea normală de funcționare sau de avarie, confirmarea îndeplinirii unor comenzi etc.). Sistemele telemecanice cuprind un punct de comandă (dispecer), o linie de transmisie, care poate fi fizică (de ex., linii de telecomunicații prin fire sau linii de transport a energiei electrice) sau radio și instalațiile comandate. Pentru mărirea capacității de transmitere a liniilor se folosesc sistemele de curenți purtători, care asigură transmiterea concomitentă pe linie a mai multor semnale sinusoidale purtătoare, de frecvențe diferite, modulate în amplitudine sau frecvență de semnale telemecanice. Ca purtători de informație în **t.** se folosesc semnale de curent alternativ sau impulsuri modulate în durată sau frecvență. **T.** se aplică pe scară largă în sistemele electroenergetice și s-a dezvoltat, în special, datorită perfecționării comutației fără contacte (statice), care utilizează diode semiconductoare, tranzistoare, tiristoare, dispozitive feromagnetice cu ciclu histerezis dreptunghiular etc.

telereglare → telemecanică.

telesemnalizare → telemecanică.

tensiune de atingere, tensiunea electrică dintre un punct al unei instalații electrice în funcțiune, ce poate fi atins de om și pămînt. În cazul

protecției prin legare la pămînt, la trecerea unui curent de defect prin priza de protecție, repartiția potențialului în sol este aproximativ hiperbolică (fig. 280). **T.de a.** maximă apare între carcasa utilajului cu izolația defectă (pusă sub tensiunea unei faze)

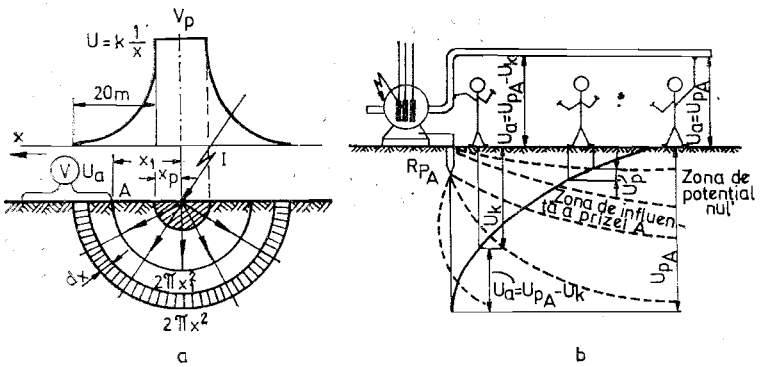


Fig. 280

și punctul de pe sol de potențial nul, care se află la cca 20 m de priză, distanță numită *zonă de influență* a prizei. Tensiunea dintre două puncte de pe sol, aflate la distanța de 0,8 m în zona de influență a prizei de pămînt se numește *tensiune de pas* (fig. 280,*b*). **T.de a.** și tensiunile de pas sînt limitate, în instalațiile de joasă tensiune (sub 1 000 V) de curent alternativ, la valori de 24... ...65 V, în funcție de categoria utilajelor (fixe, mobile, portative), de gradul de pericol al încăperii (puțin periculos, periculos, foarte periculos) și de timpul de deconectare a curentului prin priză. În instalațiile cu tensiuni nominale peste 1 000 V, **t.de a.** și de pas au valori admisibile între 40 și 500 V, în funcție de timpul de întrerupere și de locul de amplasare a echipamentului (zone cu circulație frecventă sau redusă, zone de acces numai cu mijloace individuale de protecție etc.).

tensiune de conturnare → conturnare.

tensiune de electrod → potențial de electrod.

tensiune de pas → tensiune de atingere.

tensiune de scurtcircuit → transformator.

tensiune de străpungere → străpungere.

tensiune electrică (u, U), mărime scalară definită de integrala de linie a intensității cîmpului electric E în lungul unei curbe C (închise sau deschise), $u = \int_C \bar{E}\,\overline{\mathrm{d}l}$, $\overline{\mathrm{d}l}$ fiind elementul de linie orientat (fig. 281). *T.e. coulombiană* între două puncte, se referă la cîmpul electric în regim electrostatic (cîmp potențial) și este egală cu diferența → *potențialelor*

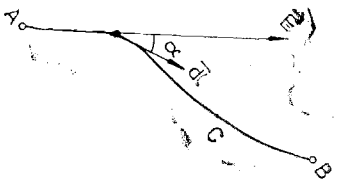


Fig. 281

celor două puncte, $u_{AB} = \int_A^B \bar{E}\,\overline{dl} =$

$= \int_A^B (-\operatorname{grad} V)\,\overline{dl} = V_A - V_B$. T.e. coulombiană între două puncte este aceeași, indiferent pe ce drum se face integrarea și este egală cu zero pe orice curbă închisă. T.e. în regim electrostatic este numeric egală cu lucrul mecanic efectuat de forțele electrostatice la deplasarea unității de sarcină electrică între cele două puncte. *T.e.indusă* se referă la intensitatea cîmpului electric indus (rotațional) și este diferită de zero, în general, pe o curbă închisă, iar pe curbe deschise, depinde de drumul de integrare. *T.e.imprimată* se referă la intensitatea → *cîmpului electric imprimat*. *Tensiunea electromotoare* (impropriu *forță electromotoare*) este integrala de linie a componentelor necoulombiene ale t.e. *Tensiunea electromotoare de contur*, definită pe un contur închis, este mărimea care determină apariția unui curent electric de conducție într-un circuit (→ *regim electrocinetic*). În regim staționar, tensiunea electromotoare se datorește exclusiv cîmpului electric imprimat; în regim nestaționar, pe lîngă componenta potențială a intensității cîmpului electric mai apare o componentă solenoidală, care determină t.e. indusă. *T.e.în lungul conductorului* este egală, conform legii lui Ohm, cu produsul dintre rezistența conductorului, presupus filiform, și intensitatea curentului ce îl străbate, $u = Ri$. *T.e.la borne* este egală numeric cu t.e. coulombiană între două borne ale unui circuit electric, deci cu diferența de potențial dintre cele două borne, $u_b = V_A - V_B$. Unitatea de măsură a t.e. este *voltul*, V. (→ *asocierea sensurilor pozitive*).

tensiune electromotoare → **tensiune electrică.**

tensiune la borne → **tensiune electrică.**

tensiune magnetică (u_m), mărime scalară definită de integrala de linie a vectorului intensitate de cîmp magnetic H de-a lungul unei curbe (închise sau deschise), $u_m = \int_C \bar{H}\,\overline{dl}$ (fig. 282), $\overline{dl}$ fiind elementul de linie orientat. Sensul de integrare constituie sensul pozitiv al t.m. În regim cuasistaționar și în domenii lipsite de curenți, t.m. între două puncte este independentă de drumul de integrare și este egală cu diferența → *potențialelor magnetice* scalare ale celor două puncte. În regim nestaționar sau în domenii în care există curenți electrici de conducție, t.m. depinde de drumul de integrare. T.m. pe o curbă închisă se numește *tensiune magnetomotoare* (impropriu *forță magnetomotoare*), (→ *legea circuitului magnetic*). Ea reprezintă t.m. referitoare la componenta solenoidală a intensității cîmpului magnetic. Unitatea de măsură a t.m. este *amperul*, A numit și *amperspiră*.

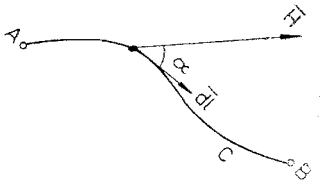


Fig. 282

tensiune magnetomotoare → **tensiune magnetică.**

tensiune maxwelliană, mărime fictivă introdusă pentru exprimarea matematică a principiului enunțat de Faraday, cu privire la transmiterea acțiunilor ponderomotoare, de natură magnetică sau electrică, prin intermediul liniilor de cîmp (de „forță"), contrar principiului idealist al acțiunii de la distanță. Integrala de suprafață a t.m. $\bar{T}_n$ pe orice suprafață închisă Σ este egală cu rezultanta

forțelor electromagnetice ce se exercită asupra corpurilor din interior în prezența unui cîmp electromagnetic, $\int_\Sigma \bar{T}_n\,dA = \int_\Sigma \bar{\bar{T}}_n\,\bar{n}\,dA = \bar{F}_{em}$, unde dA este elementul de suprafață, $\bar{n}$ — versorul normalei exterioare la suprafață, iar $\bar{T}_n$ → *tensorul* de ordinul 2 al t.m. În medii lineare, fără polarizație electrică permanentă și fără magnetizație permanentă, cu permitivitatea și permeabilitatea magnetică independente de starea locală a mediului, t.m. are expresia $\bar{T}_n = \bar{T}_{en} + \bar{T}_{mn}$, $\bar{T}_{en} = (\bar{D}\bar{n})\,\bar{E} - \bar{n}(\bar{D}\bar{E})/2$; $\bar{T}_{mn} = (\bar{H}\bar{n})\,\bar{B} - \bar{n}(\bar{B}\bar{H})/2$, în care D este inducția electrică, E — intensitatea cîmpului electric, H — intensitatea cîmpului magnetic, B — inducția magnetică.

tensiune nominală → **date nominale.**

tensiune reziduală, amplitudinea tensiunii electrice se se stabilește într-un → *descărcător* în timpul trecerii prin el a impulsului de curent.

tensometru electric, instrument de măsurare indirectă a variației lungimii unui corp prin măsurarea unei mărimi electrice (de ex., rezistență electrică) dependentă de deformație.

tensor, mărime atașată unui punct din spațiu, care asociază fiecărui sistem de coordonate un ansamblu ordonat de componente scalare. Dacă n este numărul de dimensiuni al spațiului, t. asociază fiecărui sistem de coordonate o matrice m-dimensională, cu n^m elemente, m fiind ordinul t. Astfel, în spațiul tridimensional ($n = 3$), *t.de ordinul* 0 este un *scalar*, avînd o singură componentă, *t. de ordinul 1* este un vector, cu 3 componente, *t.de ordinul 2* are $3^2 = 9$ elemente:

$$\bar{\bar{T}} = \begin{Vmatrix} T_{xx} & T_{xy} & T_{xz} \\ T_{yx} & T_{yy} & T_{yz} \\ T_{zx} & T_{zy} & T_{zz} \end{Vmatrix}.$$

De ex., componentele t. de ordinul 2 care reprezintă → *tensiunile maxwelliene* se scriu:

$$\bar{\bar{T}}_n = \bar{\bar{T}}_{en} + \bar{\bar{T}}_{mn};\ \bar{\bar{T}}_{en} =$$

$$= \begin{Vmatrix} E_xD_x - \frac{\varepsilon E^2}{2} & E_xD_y & E_xD_z \\ E_yD_x & E_yD_y - \frac{\varepsilon E^2}{2} & E_yD_z \\ E_zD_x & E_zD_y & E_zD_z - \frac{\varepsilon E^2}{2} \end{Vmatrix};$$

$$\bar{\bar{T}}_{mn} =$$

$$= \begin{Vmatrix} B_xH_x - \frac{\mu H^2}{2} & B_xH_y & B_xH_z \\ B_yH_x & B_yH_y - \frac{\mu H^2}{2} & B_yH_z \\ B_zH_x & B_zH_y & B_zH_z - \frac{\mu H^2}{2} \end{Vmatrix}.$$

teorema energiei electromagnetice → **energie.**

teorema lui Coulomb, teoremă (presupusă inițial lege, dar de fapt o consecință a → *legii fluxului electric*) care dă valoare forței de interacțiune ce se exercită între două corpuri punctiforme imobile situate în vid la distanța R și încărcate cu sarcinile electrice q_1, q_2, ca fiind proporțională cu produsul sarcinilor și invers proporțională cu patratul distanței dintre ele, $F = q_1q_2/(4\pi\varepsilon_0R^2)$, ε_0 — permitivitatea vidului. Forța este de respingere, dacă sarcinile sînt de același semn și de atracție, dacă sînt de semne contrare. Vectorul forței exercitate de primul corp asupra celui de al doilea este dat de expresia $\bar{F}_{12} = q_1q_2\bar{u}_{12}/(4\pi\varepsilon_0R^2)$, în care $\bar{u}_{12}$ este versorul orientat dinspre sarcina q_1 înspre sarcina q_2. Într-un mediu cu permitivitatea relativă ε_r presupusă uniformă (condiție îndeplinită numai aproximativ), forțele coulombiene sînt de ε_r mai mici decît în vid, $F = q_1q_2/(4\pi\varepsilon_0\varepsilon_rR^2)$. Din t.lui C. și din relația de definiție a intensității

cîmpului electric în vid, $E_v = F/q$, ținînd seama de principiul → *superpoziției*, rezultă expresia cea mai generală a cîmpului electrostatic în vid produs de sarcini electrice repartizate, $E_v = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int \frac{dq}{R^3}\bar{R}$, în care $\bar{R}$ este vectorul de poziție al punctului în care se calculează cîmpul față de punctul cu sarcina elementară dq. Sin. *formula lui Coulomb*.

teorema lui Joubert, teoremă de aplicare a legii lui Ohm circuitelor de curent alternativ, pasive sau active, în care tensiunile și curenții sînt în reprezentare complexă, iar în loc de rezistențe intervin impedanțe complexe.

teorema lui Maxwell, teorema reciprocității a lui Maxwell.

teorema lui Norton → **generator de curent echivalent.**

teorema lui Schwartz-Cristoffel → **reprezentare conformă.**

teorema lui Thévénin-Helmholtz → **generator de tensiune echivalent.**

teorema lui Thomson, sarcinile electrice de pe un sistem de conductoare, aflate într-un mediu dielectric, se distribuie astfel pe suprafața acestor conductoare, încît energia cîmpului electrostatic rezultant să fie minimă. În conformitate cu **t.lui T.** energia electrostatică este analoagă cu energia potențială din mecanică, iar distribuția de echilibru a sarcinilor electrice pe conductoare rezultă dintr-un principiu de minim, la fel ca poziția de echilibru stabil al corpurilor în mecanică.

teorema lui Vashy, teoremă aplicabilă circuitelor de curent continuu și de curent alternativ, conform căreia, într-o rețea buclată, se pot adăuga pe toate laturile care pornesc din același nod, tensiuni electromotoare egale și de același sens, fără ca prin aceasta să se schimbe valoarea și sensul curenților în diferitele ramuri ale rețelei. **T.lui V.** se folosește pentru pasivizarea unor laturi prin adăugarea de tensiuni egale și de sens contrar cu cele existente în laturile respective, cu scopul de a simplifica calculul rețelei.

teorema reciprocității a lui Maxwell, teoremă conform căreia într-o rețea electrică alcătuită din elemente de circuit dipolare lineare pasive, dacă o tensiune electromotoare U_{eAB} din latura AB produce un curent I_{CD} în latura CD, o tensiune electromotoare U_{eCD} introdusă în latura CD, egală și de sens contrar cu precedenta, produce, reciproc, în latura AB un curent $I_{AB} = I_{CD}$. Se aplică în curent continuu, curent alternativ sinusoidal (în reprezentare complexă) sau în regim tranzitoriu (în reprezentare operațională), dacă condițiile inițiale sînt nule.

teorema transferului maxim de putere, teoremă conform căreia puterea absorbită de la o sursă de curent continuu de un receptor de rezistență R, conectat la bornele sursei este maximă atunci cînd această rezistență este egală cu rezistența dintre cele două borne, din circuitul sursei. Dacă tensiunea electromotoare a sursei este U_e, rezistența circuitului sursei R_s (rezistența interioară a sursei plus rezistența liniei de alimentare) puterea absorbită de receptor este maximă cînd $R = R_s$ și are valoarea $P_{max} = U_e^2/(4R)$, randamentul sistemului fiind $\eta = 0{,}5$. **T.t.m.de p.** se aplică și circuitelor de curent alternativ sinusoidal: puterea activă transmisă receptorului este maximă dacă impedanța receptorului este egală cu conjugata impedanței complexe a circuitului sursei, $R + jX = R_s - jX_s$ (→ *adaptare*).

teorema transfigurării → **transfigurarea stea-triunghi.**

teoremele lui Kirchhoff, teoreme utilizate la calculul circuitelor electrice (→ *rețea electrică*). 1. *Prima t.a lui K.* arată că suma curenților care intră într-un nod de ramificație a unei rețele este egală, în fiecare moment, cu suma curenților care ies din nod. Dacă se consideră, în mod arbitrar, semnul + pentru curenții care intră și semnul — pentru cei care ies din nod, prima **t. a lui K.** se enunță astfel: suma algebrică a curenților dintr-un nod este egală cu zero, $\Sigma i = 0$. Această teoremă este o consecință a legii continuității (→ *legea conservării sarcinilor electrice*). 2. *A doua t.a lui K.* arată că într-o buclă de rețea (ochi), suma algebrică a tensiunilor electromotoare este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune, $\Sigma u_{ek} = \Sigma R_k i_k$. Această teoremă se stabilește aplicînd integrala de linie a intensității cîmpului electric de-a lungul conturului circuitului ținînd seama că integrala pe contur închis a componentei coulombiene a cîmpului este nulă (→ *tensiune*). La aplicarea celei de a doua teoreme **a lui K.** se alege un sens de parcurgere a buclei; dacă sensurile pozitive ale tensiunilor electromotoare și ale curenților coincid cu sensul de parcurs, termenii corespunzători vor avea semnul +, în cazul contrar, semnul — (fig. 283). **T. lui K.** se

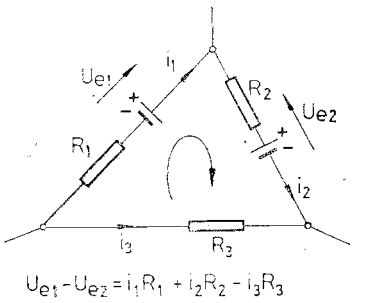


Fig. 283

aplică și circuitelor de curent alternativ sinusoidal, curenții și tensiunile fiind în reprezentare complexă, iar în locul rezistențelor introducîndu-se impedanțe $\Sigma \underline{I} = 0$; $\underline{U}_{ek} = \Sigma \underline{Z}_k \underline{I}_k$. Prin analogie cu circuitele electrice, **t.lui K.** se pot aplica și circuitelor magnetice, punînd în loc de curenți, fluxuri magnetice, în loc de tensiuni, tensiuni magnetice, iar în loc de rezistențe, reluctanțe magnetice.

teoria cuantică a electrodinamicii → **electrodinamică.**

teoria macroscopică → **electrodinamică.**

teoria microscopică → **electrodinamică.**

teoria relativistă a electrodinamicii → **electrodinamică.**

termalloy, material magnetic moale pe bază de fier și nichel, a cărui permeabilitate magnetică variază cu temperatura. Această proprietate este folosită la unele aparate de măsură pentru compensarea erorilor date de variațiile de temperatură.

termistor, rezistor semiconductor a cărui rezistență variază mult cu temperatura. (→ *traductor*).

termobimetal, bimetal.

termocentrală → **centrală electrică.**

termocuplu → **traductor.**

termoelement → **traductor.**

termoenergetică → **energetică.**

termoficare, alimentare centralizată cu agent termic (apă caldă, abur) de la centralele electrice (de **t.**), căldura fiind utilizată în procese industriale sau la încălzirea clădirilor. Față de producerea locală a căldurii în instalații de capacitate mică (cazane mici, instalații de încălzire centrală), **t.** prezintă avantajul unui randament ridicat, ce poate atinge 80%. În centralele electrice de **t.** destinderea aburului în turbine nu se face pînă la

presiunea instalațiilor de condensație, ci pînă la presiunea corespunzătoare rețelei de alimentare a consumatorilor. Rețelele de **t.** pot fi cu circuit închis sau deschis, în ultimul caz agentul termic este reținut la consumator (de ex., apa caldă menajeră).

termometru cu bimetal, termometru al cărui element sesizor este un → *bimetal*.

termometru cu rezistență, termometru cu → *traductor* termorezistiv.

termometru cu termoelement, termometru cu → *traductor* termoelectric.

termorezistență → **traductor**.

termostat, aparat automat de control și supraveghere a temperaturii dintr-o incintă a unui sistem tehnic (de ex., apă de răcire, instalații frigorifice etc.). *T. cu bimetal* acționează întreruptoare (de ex., cu mercur), la atingerea sau depășirea valorii prescrise a temperaturii. *T. cu fluid* folosește dilatarea unui fluid ușor volatil (de ex., alcool), care comandă o supapă sau un întreruptor.

tesla (**T**), unitate de măsură a inducției magnetice. Un cîmp magnetic are o inducție de 1 T, atunci cînd asupra unității de lungime a unui conductor parcurs de un curent de 1 A și situat perpendicular pe liniile de cîmp, se exercită o forță de 1 N · 1 T = 1 Wb/m².

teslametru → **traductor**.

textolit, **stratitex**.

Thomson, Sir William lord Kelvin (1824—1907), fizician și matematician englez. Profesor universitar la Cambridge și Glasgow. Contribuții importante în electromagnetism, termodinamică, fizica matematică, hidrodinamică și teoria elasticității. În 1854 a propus scara temperaturilor absolute *(scara K)*, cu originea (zero absolut) la −273,15°C. A găsit o nouă posibilitate de răcire a gazelor la trecerea prin pereți poroși (*efectul* **Joule-Thomson**, 1852). A pus bazele teoriei oscilațiilor electrice (*formula lui* **T.**, 1853) și a descoperit (1856) un efect termoelectric ce-i poartă numele (*efectul* **T.**). A inventat galvanometrul cu oglindă și a construit o balanță sensibilă (*balanța* **K.**). A conceput puntea de măsurare a rezistențelor mici (*puntea* **T.**, 1862) și procedeul de sudare electrică cu arc (1876). A enunțat (1879) principiul minimei acțiuni (→ *teorema lui* **T.**).

tilă, piesă de porțelan sau de material plastic aplicată la capătul tuburilor de protecție pentru protejarea conductoarelor sau pe firele instalațiilor de comandă automată, pentru inscripționarea circuitelor, cu ajutorul unui tuș special.

timp de frînare (la o acționare electrică), timp necesar pentru oprirea sistemului de acționare. Dacă M_f este cuplul de frînare raportat la arborele motorului, J — momentul de inerție echivalent al sistemului la axa de rotație a motorului și Ω_1 — viteza unghiulară la începutul frînării, **t.de f.** se calculează cu relația $t_f = -\int_{\Omega_1}^{0} J\mathrm{d}\Omega/M_f$. Dacă J și M_f sînt constante pe toată durata frînării, $t_f = J\,\Omega_1/M_f$, adică **t.de f.** este direct proporțional cu momentul de inerție și invers proporțional cu cuplul de frînare. Sin. *timp de oprire*.

timp de oprire, timp de frînare.

timp de pornire (la o acționare electrică), timp necesar atingerii vitezei unghiulare staționare Ω_s la pornirea din repaus. Dacă M_m este cuplul dezvoltat de motorul de acționare, M_r — cuplul rezistent raportat la arborele motorului, J — momentul de inerție al sistemului de acționare la axa de rotație a motorului, **t.de p.** este dat de relația $t_p = \int_0^{\Omega_s} J\mathrm{d}\Omega/(M_m - M_r)$. Dacă M_m, M_r și J sînt constante pe toată durata pornirii, $t_p = J\Omega_s/(M_m - M_r)$, adică **t.de p.** este direct proporțional cu momentul de inerție și invers proporțional cu diferența dintre cuplul motor și cel rezistent.

timp de revenire → **tiristor**.

tiratron, tub ionic cu descărcare în vapori de mercur sau gaze inerte, folosit ca redresor comandat. Este format dintr-un recipient de sticlă sau metal și 3 electrozi: anodul, catodul (care poate fi *cald*, încălzit cu un filament, sau *rece*) și electrodul de comandă. La polarizarea directă (anodul la un potențial mai ridicat decît al catodului) și prin aplicarea unui semnal la electrodul de comandă (al cărui tensiuue depinde de tensiunea anodică), **t.** trece din starea blocată, în starea de conducție, după care electrodul de comandă nu mai poate juca nici un rol. Blocarea **t.** se poate face numai prin scăderea curentului sub o anumită valoare, sau prin scăderea tensiunii anodice sub tensiunea de amorsare (10...15 V). Utilizat înainte pe scară largă (de ex., ca redresoare de putere de înaltă tensiune sau la comanda → *ignitroanelor*), **t.** cedează locul, din ce în ce mai mult, tiristoarelor.

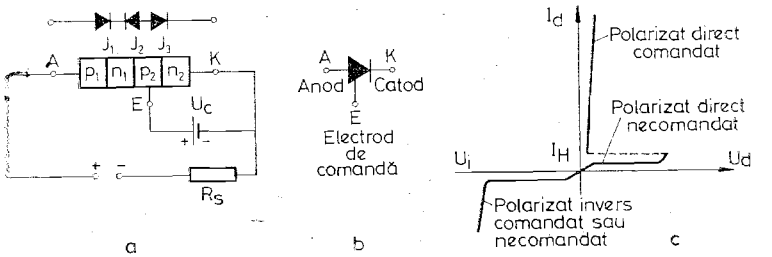


Fig. 284

tiristor, dispozitiv electronic semiconductor comandabil cu proprietăți de ventil (redresor comandabil). Partea activă a **t.** constă dintr-un disc de siliciu monocristalin în care există 4 straturi semiconductoare $p_1n_1p_2n_2$ (→ *conducție electrică*, → *semiconductor*), straturile extreme fiind puternic dopate, iar cele interne slab dopate cu impurități acceptoare respectiv donoare de electroni. **T.** are 3 electrozi: anodul A conectat la stratul p_1, catodul K la stratul n_2 și electrodul de comandă E (numit, impropriu, grilă sau poartă) la stratul p_2 (fig. 284). În absența unui semnal de comandă **t.** este blocat, avînd rezistență foarte mare între anod și catod, în ambele sensuri (de ordinul sutelor de kΩ), la polarizarea directă (+ la anod și minus la catod) fiind blocată joncțiunea J_2, iar la polarizarea inversă fiind blocate joncțiunile J_1 și J_3, încît **t.** necomandat se poate echivala cu 3 diode (fig. 284, *a*). Dacă la polarizarea directă electrodului de comandă i se aplică un semnal pozitiv față de catod (de ordinul voltilor, → *comandă pe grilă*), curentul de comandă ce trece prin joncțiunea J_3 provoacă deblocarea joncțiunii J_2 și **t.** intră în conducție, prezentînd o rezistență foarte mică (practic neglijabilă), rămînînd în această stare și după dispariția semnalului de comandă. **T.** împrumută proprietăți de la → *tiratron*, la care electrodul de comandă are numai rolul de a amorsa descărcarea și de la tranzistor, avînd o structură semiconductoare (schema echivalentă a **t.** cu două tranzistoare *pnp* și *npn*

în fig. 285), denumirea **t.** provenind de la *tiratron* și tranzistor. Totuși, **t.** se deosebește fundamental de tranzistor sau de triodă, la care curentul de colector, respectiv, curentul anodic poate fi modificat prin intermediul curentului prin bază respectiv tensiunii de grilă. Caracteristica volt-ampermetrică a **t.** (fig. 284, *c*) cuprinde domeniile de blocare la polarizare directă și inversă, porțiunea de conducție și zona de străpungere, caracterizată de o creștere inadmisibilă a curentului invers, la depășirea tensiunii inverse instantanee admisibile. **T.** intrat în conducție nu poate fi blocat decît prin scăderea curentului sub o anumită valoare I_H, numită *curent de menținere*, obținută fie în mod *natural* (de ex., în curent alternativ), fie *forțat*, prin aplicarea unei tensiuni de polarizare inversă. Timpul necesar menținerii stării blocate la reapariția tensiunii directe fără semnal de comandă, din momentul blocării și pînă la revenirea tensiunii, se numește *timp de revenire*, care este cuprins între 5...100 μs. **T.** cu timp de revenire sub 30 μs se numesc *t. rapide* și se utilizează la mutatoarele cu comutație forțată. Procesul de intrare în conducție a **t.** se poate urmări cu ajutorul fig. 285. În stare blocată, la polarizare directă, prin joncțiunea J_2,

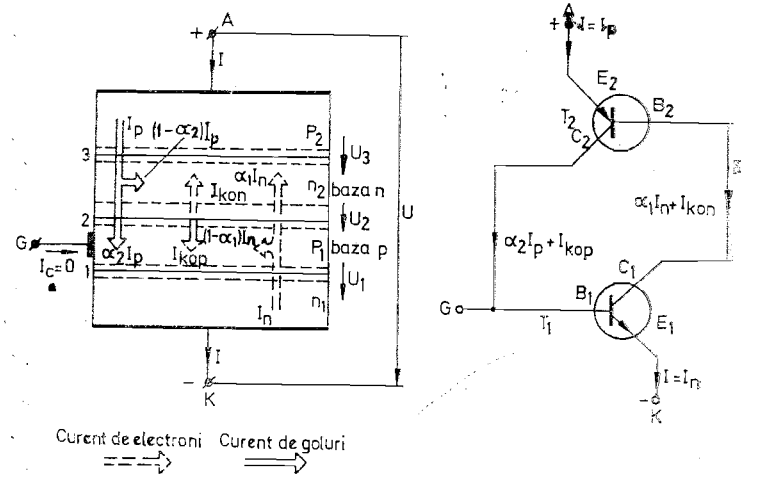


Fig. 285

polarizată invers, apare curentul de blocare în sens direct I_{k0}, de valoare foarte mică. O parte din golurile injectate de stratul p_2 se recombină cu electronii curentului I_{k0}, iar o parte traversează joncțiunea J_2 formînd curentul $\alpha_2 I_p$, α_2 fiind factorul de amplificare în curent al tranzistorului echivalent. Dacă prin electrodul de comandă se stabilește curentul I_C, curentul de electroni injectați de catod servește, parțial, la recombinarea golurilor din I_{k0}, iar o parte, $\alpha_1(I_p + I_C)$, traversează joncțiunea J_2. Făcînd bilanțul curenților în stratul p_1, $I_{k0} + \alpha_2 I_p + I_c - (1-\alpha_1)(I_p + I_C) = 0$, se obține $I_p = (I_{k0} + \alpha_1 I_C)/(1-(\alpha_1+\alpha_2))$. Determinantă pentru funcționarea **t.** este dependența de curent a factorilor de amplificare α_1 și α_2. În absența curentului de comandă $\alpha_1 + \alpha_2 \ll 1$ și $I_p \approx I_{k0}$ (curentul de blocare în sens

direct). Curentul de comandă mărește cam de 10 ori curentul I_n, iar factorii de amplificare cresc încît $\alpha_1+\alpha_2 \to 1$, deci curentul I_p crescînd nelimitat, nu va mai fi limitat de **t.**, ci numai de parametrii circuitului. Condiția de intrare în conducție poate fi îndeplinită și fără curent de comandă, de ex., prin încălzire (creșterea pronunțată a curentului de blocare), prin generare de purtători cu ajutorul fotonilor (la *fototiristor*), la depășirea unei tensiuni limită de polarizare în sens direct, ca urmare a creșterii intensității cîmpului electric, sau la o viteză mare de creștere a tensiunii anodice ($dU/dt = 20...200$ V/μs) prin curent de deplasare (capacitiv) prin capacitățile joncțiunilor. Odată intrat în conducție, **t.** rămîne în această stare și fără curent de comandă, căci condiția $\alpha_1 + \alpha_2 > 1$ rămîne îndeplinită, datorită valorii mari a curentului I_p, atîta timp cît valoarea curentului nu scade sub I_H (curentul de menținere). Intrarea **t.** în conducție fără semnal de comandă trebuie evitată, căci poate distruge ventilul. Limitarea vitezei de variație a tensiunii, ca și protecția la supratensiuni (→ *protecția ventilelor semiconductoare*), se poate obține cu grupuri *RC* (*R* de ordinul zecilor de Ω, *C* de ordinul 1...2 μF) conectate în paralel cu **t.** Pentru regimurile dinamice de funcționare a **t.** (în scheme de mutatoare cu comutație forțată) este foarte importantă comportarea sa în procesele tranzitorii de intrare în conducție (impropriu *aprindere*) și de blocare (impropriu *stingere*). Construcția **t.** de putere (peste 10 A) trebuie să asigure protecția discului de siliciu de influențele mediului exterior, cedarea, cu rezistențe termice minime, a căldurii disipate în ventil corpurilor de răcire (→ *radiatoare*) și izolarea electrică a electrozilor, corespunzătoare tensiunii de lucru. **T.** sub cca 400 A au *construcție unilaterală*, cu anodul conectat la radiator (fig. 286), pe cînd **t.** de curenți mai mari au *construcție de tip disc* (pastilă), cu contacte termice la radiator la ambii electrozi (răcire bilaterală). **T.** a fost construit în 1958, în laboratoarele General Electric pentru curenți și tensiuni relativ mici; **t.** moderne au curenți admisibili care ating 3 000 A

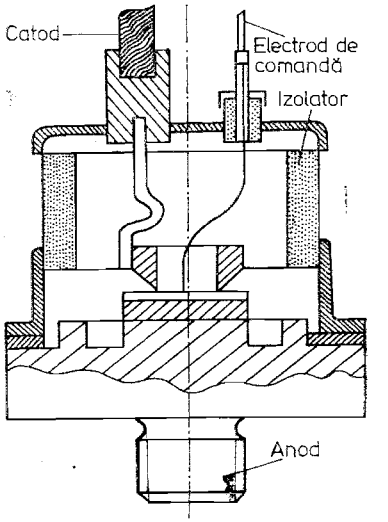


Fig. 286

și tensiuni inverse admisibile de 5 000 V. **T.** intră în construcția → *mutatoarelor* folosite, pe scară largă, în toate domeniile electrotehnicii.

tiristor bioperațional, tiristor a cărui blocare se obține prin aplicarea unor impulsuri negative față de catod pe electrodul de comandă (de amplitudine mai mare decît a impulsurilor de comandă pentru intrarea în conducție). De curenți admisibili și tensiuni inverse mai mici decît la tiristoarele unioperaționale, **t.b.** actuale au ca performanțe 1000 V și 200 A. Sin. *tiristor GTO*.

tiristor GTO *(Gate Turn Off)* → *tiristor bioperațional*.

tirit, material cu rezistență electrică neliniară, obținut din carbură de sili-

ciu (→ *carborund*) prin aglomerare, la temperaturi ridicate, cu un liant argilos. Se utilizează la confecționarea → *descărcătoarelor* cu rezistență variabilă.

tolă, foaie de tablă silicioasă tăiată la dimensiunile necesare circuitului magnetic al mașinilor și aparatelor electrice.

tor, corp obținut prin rotirea unei suprafețe (circulare sau dreptunghiulare) în jurul unei axe din exteriorul acestei suprafețe (fig. 287). *T. feromagnetic* se folosește ca circuit mag-

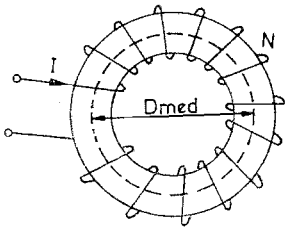


Fig. 287

netic (de ex., la transformatoarele de măsură de curent). Dacă un **t.**, al cărui diametru mediu D_{med}, este mult mai mare decît dimensiunile secțiunii, este bobinat în mod uniform cu N spire prin care trece curentul I, intensitatea cîmpului magnetic din interiorul **t.** este practic constantă și egală cu $H = NI/(\pi D_{med})$, iar cîmpul magnetic din exteriorul acestui **t.** este nul.

torsadare, răsucire a conductoarelor circuitelor de comandă (de ex., la tiristoare) pentru eliminarea tensiunilor parazite ce s-ar putea induce de către cîmpul magnetic al circuitelor de putere.

tracțiune electrică, deplasare a vehiculelor prin acționare electrică. **T.e.** se aplică la trenuri (→ *locomotive electrice*), vehicule de transport urban în comun (→ *metrou*, → *tramvai*, → *troleibuz*) sau la vehicule rutiere (→ *electromobil*). *T.e. feroviară* folosește următoarele sisteme de alimentare a liniei de contact (*sisteme de* **t.e.**): 1) *T.e. în curent continuu*, la tensiuni de 1 500 V și 3 000 V, cu motoare de curent continuu cu excitație în serie. Dezavantajele acestui sistem sînt: valoare relativ redusă a tensiunii în linia de contact, ceea ce impune distanțe scurte între → *substațiile de tracțiune* și secțiune mare a firului de contact; → *coroziune electrolitică* importantă produsă de curenții vagabonzi. 2) *T.e. în curent alternativ de frecvență redusă* (15 kV, 16 2/3 Hz în Europa, 20 kV, 25 Hz în America), cu motoare monofazate cu colector alimentate de transformatoare cu tensiune reglabilă sub sarcină. Dezavantaje: necesitatea utilizării unei frecvențe diferite de cea a sistemului electroenergetic, frecvența redusă fiind impusă de comutația motorului de tracțiune; influențe electrostatice și electromagnetice în liniile învecinate, datorită tensiunii înalte din firul de contact monofazat. 3) *T.e. în curent trifazat de frecvență industrială* cu motoare asincrone în scurtcircuit cu comutarea numărului de poli, abandonat, după unele realizări (Italia), din cauza complicației constructive a liniei de contact cu două fire aflate la tensiunile celor două faze, a treia fază fiind la șină. 4) *T.e. în curent alternativ monofazat de frecvență industrială* (25 kV, 50 Hz în Europa, 50 kV, 60 Hz în America) cu locomotive cu redresoare și motoare de curent redresat cu excitație în serie. Acest sistem, aplicat începînd cu 1950 (mai întîi în Franța) este singurul care se aplică la liniile ferate electrificate noi datorită avantajelor tehnico-economice: tensiune ridicată la linia de contact, care asigură un consum redus de cupru și distanțe mari între substații (60...70 km); alimentarea din sistemul energetic se face prin substații de transformare simple (fără grupuri redresoare sau mutatoare de frecvență), care pot fi automatizate și telecomandate; locomotivele cu redresoare pot avea puteri mari (5...10 MW), necesare antrenării trenurilor grele din transporturile moderne (tonaje de ordinul miilor de tone la viteze de pînă la 160 km/h); este eliminată coroziunea electrolitică, care în curent continuu provoacă pagube importante. Inconvenientele acestui sistem de **t.e.** (dezechilibrarea sistemului energetic de către sarcinile monofazate și perturbarea liniilor de telecomunicații de către armonicile superioare ale locomotivelor) devin tot mai puțin importante odată cu creșterea puterii sistemelor energetice și cu cablarea liniilor de telecomunicații. **T.e.** feroviară este superioară tracțiunii cu abur, datorită randamentelor mai ridicate (16...18% în cazul centralelor termoelectrice și 34...36% în cazul considerării energiei date de centrale hidroelectrice, față de numai 7...11% al locomotivelor cu abur, care consumă și cărbune de cea mai bună calitate) și tracțiunii diesel electrice și diesel hidraulice pe liniile cu trafic intens, datorită costului mai redus al locomotivelor electrice față de cele diesel-electrice de aceeași putere (cu cca 15%), puterii unitare maxime aproape duble, duratei de servici mai mare (30...40 ani față de 15...20 ani), cheltuielilor de întreținere mai mici și lipsei poluării mediului.

traductor, dispozitiv care convertește o mărime de o anumită natură fizică numită *mărime de intrare* într-o mărime de altă natură sau de același fel, dar care variază în altă gamă de valori, numită *mărime de ieșire*, cu scopul de a măsura mărimea de intrare. Spre deosebire de → *convertor*, la care se urmărește o transformare de energie, cu randament cît mai ridicat, **t.** transformă informații, care trebuie să fie cît mai fidele, randamentul neavînd o importanță deosebită. **T.** se folosesc, cu precădere, la măsurarea mărimilor neelectrice pe cale electrică. După natura mărimii neelectrice de intrare **t.** pot fi: de *mărimi mecanice*, (nivel, deplasare, rugozitate, presiune, forță, cuplu, viteză, accelerație etc.); de *mărimi analitice* (densități, concentrații); de *mărimi chimice*; de *mărimi termice* (temperaturi, cantități de căldură); de *mărimi fotometrice* (iluminări, fluxuri luminoase, strălucири); de *mărimi acustice* (presiuni și intensități acustice). După modul obținerii mărimii de ieșire **t.** pot fi generatoare (active) și parametrice (pasive). *T. GENERATOARE.* 1) *T. de inducție.* a) **T.** de inducție pentru măsurarea *vitezei* → *tahometru.* b) **T.** de inducție pentru măsurarea *debitelor* fluidelor conductoare (debitmetre electromagnetice), pe principiul → *convertorului magnetohidrodinamic.* c) **T.** de inducție cu bobină mobilă sau cu reluctanță variabilă pentru măsurarea parametrilor *oscilațiilor mecanice* se bazează pe fenomenul de inducție electromagnetică, tensiunea de ieșire fiind proporțională cu viteza vibrațiilor. 2) *T. electrochimice (t.de pH)* se bazează pe modificarea → *potențialelor de electrod* la modificarea concentrațiilor acide sau bazice. 3) *T. fotoelectric*, folosit la → *luxmetre* se bazează pe → *efectul fotoelectric.* 4) *T. piezoelectric*, folosit la măsurarea vibrațiilor și oscilațiilor mecanice sau a presiunii din cilindrii motoarelor cu explozie, se bazează pe → *efectul piezoelectric.* 5) *T. termoelectric*, numit și *termocuplu* sau *termoelement* se bazează pe → *efectul termoelectric* direct (Seebeck) și se folosește la măsurarea temperaturii cuptoarelor și a mediilor gazoase, lichide sau pulverulente în gama −200...+2 400°C. Un termocuplu de măsurare a temperaturii constă din două sîrme din metale diferite sudate la unul din capete. Dacă capetele aflate în contact se află la o temperatură diferită de a capetelor libere, între acestea din urmă se produce o tensiune electromotoare care depinde de materialul termocuplului și de diferența de temperatură. *Șirul*

tensiunilor termoelectrice arată tensiunile electromotoare, în ordine crescătoare, exprimate în mV, obținute prin efect termoelectric față de un electrod de platină, la o diferență de temperatură de 100 K: platină-0; aluminiu, zinc-0,4; iridiu-0,6; platinorodiu (10% Rh)-0,65; cupru-0,75; fier-1,9; cromnichel (12,5%Cr)-2.0; siliciu-45. Cele mai utilizate materiale pentru termocuple sînt: Pt—PtRh (10%Rh) în gama de temperaturi de 0...+1 700°C; Cu-constantan (57% Cu, 43% Ni), —200...+350°C; Fe-constantan, —200...+800°C; cromel-alumel (90% Ni, 10% Cr—95% Ni, 5% Al), —200...+1 350°C; iridiu-iridiu rhodiu (50% Ir), +2 000°C iar pentru conductoarele de prelungire, cromel-alumel, cupru sau aliaje de cupru cu nichel (cromel, copel). T. folosite la temperaturi de 100... ...1 000°C sînt protejate în tuburi ceramice, pentru protecția contra contaminării chimice și în tuburi de oțel, exterioare, contra deteriorărilor mecanice. Peste 1 000°C tubul metalic se mai protejează contra coroziunii chimice și a șocurilor termice cu un înveliș de carborund, grafit sau argilă arsă. Peste 2 000°C, termocuplul, de regulă din wolfram-molibden, wolfram-iridiu etc., are teaca de protecție constituită din unul din electrozi. Învelișurile protectoare mărește constantele de timp și provoacă erori de măsură. 6) *T. Hall*, bazat pe → *efectul Hall*, este un dispozitiv format dintr-o placă paralelipipedică semiconductoare, parcursă de un curent de comandă *(sonda Hall)* și un circuit magnetic în întrefierul căruia se plasează sonda. Tensiunea t. Hall este dată de produsul dintre curentul de comandă și inducția magnetică. *Sonda Hall*, confecționată, de regulă, din aliaje InSb și InAs, este de 3 tipuri: *sondă de cîmp*, destinată măsurării cîmpului magnetic în întrefier mic (de ex., la mașinile electrice rotative); *sondă de jug*, pentru întrefier de dimensiuni mari; *sondă pentru multiplicatoare*, destinată înmulțirii a două mărimi electrice. T. Hall se utilizează la măsurarea inducției magnetice *(teslametru cu sondă Hall)*, intensității cîmpului magnetic, pierderilor în fier, curentului continuu de valoare mare, cuplului mașinilor electrice, defazajelor și factorului de putere, frecvenței, deplasărilor, turației etc. *T. PARAMETRICE.* 1) *T. rezistive. a) T. reostatice* (potențiometrice), folosite la măsurarea nivelului, deplasărilor liniare sau unghiulare etc., se bazează pe dependența rezistenței de lungime. Se utilizează reostate liniare, circulare sau spiralate, cu contact alunecător în lungul spirei (helipot). *b) T. tensometrice*, pentru deformații și deplasări mici (10...100 μm), constau din fire sau folii metalice de manganină, constantan, nicrom (80% Ni) așezate în ondulații strînse pe un suport izolant *(mărci tensometrice)*. Deformațiile (alungirea sau comprimarea) provoacă variația lineară a rezistenței. *c) T. piezorezistive*, metalice sau semiconductoare, se utilizează la presiuni foarte mari (pînă la 10^4 bari). *d) T. termorezistive metalice* se bazează pe variația rezistenței cu temperatura, $R = R_0(1 + A\vartheta + B\vartheta^2 + \ldots)$, unde R_0 este rezistența la 20°C. Dezvoltarea în serie Taylor se limitează, de regulă, la primii 2 sau 3 termeni. Se utilizează termorezistențe de 50 sau 100 Ω, de cupru (în gama de temperaturi —50...+150°C) sau platină (—250... ...+850°C). Măsurarea rezistenței, pentru indicarea sau reglarea automată a temperaturii, se face cu → *logometre*, → *punți de măsură*, sau → *compensatoare*, *e) T. termorezistive semiconductoare (termistoare)* se bazează pe variația exponențială a rezistenței cu temperatura la unele semiconductoare, care, la variații mici ale temperaturii în jurul valorii de referință, se poate aproxima cu o variație liniară, cu coeficient negativ de temperatură. Termistoarele industriale, confecționate din oxizi de metale grele aglomerate prin presare, sub forma unor sfere sau discuri de dimensiuni

mici acoperite cu sticlă sau rășini, avînd două terminale și rezistențele nominale între 30 Ω și 60 kΩ cu coeficientul de temperatură de —2,5... ...—5%/grad, se utilizează în gama de temperaturi de —70...+300°C (termistoarele refractare, pînă la 1 200°C). *f) T. fotorezistive* se bazează pe → *efectul fotoelectric* extern *(t.cu fotoemisie, celula fotoelectrică)*, sau intern *(t.cu fotoconducție, → fotorezistența)* și se utilizează la măsurători fotometrice sau la construcția unor t. complexe. 2) *T. inductive* se bazează pe modificarea inductivității sau reactanței unor bobine sub acțiunea mărimii de intrare, de regulă prin modificarea geometriei circuitului magnetic. Domenii mai mari de liniaritate a variației se obțin la *t. diferențiale*, cu două înfășurări. Pentru măsurarea forțelor foarte mari (10...5000 kN) se utilizează *t. magnetoelastice*, bazate pe *efectul magnetostrictiv* invers, care constă în modificarea permeabilității magnetice sub influența eforturilor mecanice. 3) *T. capacitive* se bazează pe modificarea capacității unui condensator la variația distanței dintre armături, a suprafeței lor sau a permitivității dielectricului sub influența unor mărimi de intrare. Datorită valorilor mici ale capacităților (sutimi sau miimi de pF) sînt necesare circuite de măsurare speciale. *T. DE MĂRIMI ELECTRICE ÎN MĂRIMI ELECTRICE.* 1) *T.de tensiune continuă în tensiune alternativă* funcționează pe principiul → *vibratorului*. 2) *T. de fază*, folosit la reglarea automată a factorului de putere, constă din două transformatoare (fig. 288) alimentate cu tensiunile defazate cu unghiul φ (mărime de intrare). În alternanțele pozitive ale tensiunii u_0 cînd diodele conduc, tensiunea de referință nu crează curent în rezistența R, ci numai tensiunea $u_s = u_{sm}\sin(\omega t - \varphi)$. În alternanțele negative, diodele sînt blocate, curentul prin R este 0. Valoarea medie a tensiunii pe

$$R \text{ este } U_{e\,med} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} u_{sm}\sin(\omega t - \varphi)\,\mathrm{d}(\omega t) = \frac{u_{sm}}{\pi}\cos\varphi.$$

La o modificare a fazei cu 180°, tensiunea de ieșire își schimbă semnul, deci se poate aprecia caracterul inductiv sau capacitiv al defazajului. Schema din fig. 288, *c*, dă o tensiune de ieșire

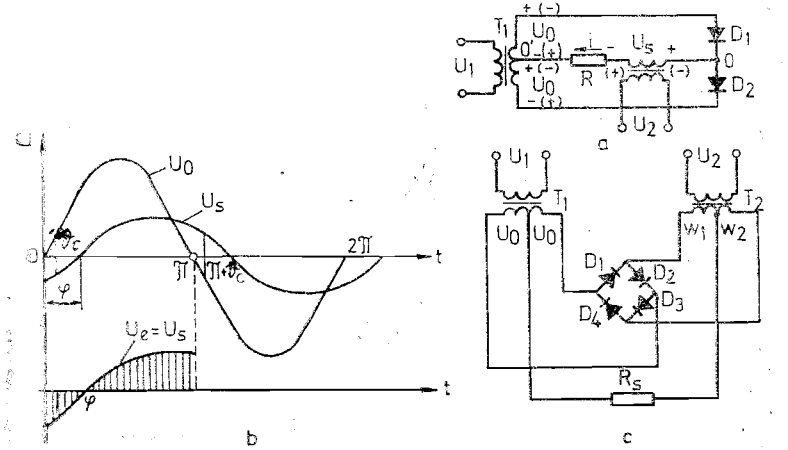


Fig. 288

dublă. T. de mărimi electrice moderne (de tensiune, de curent, t. tensiune-frecvență) utilizează circuite electronice cu tranzistoare.

tramvai, vehicul de transport în comun urban, cu vagoane motoare și remorci, pe șine metalice, cu acționare electrică și alimentare de la un fir de contact aerian, la 500 sau 750 V curent continuu. Comanda motoarelor de tracțiune, de curent continuu cu excitație în serie, se face cu ajutorul rezistoarelor, prin conectarea motoarelor în serie sau paralel, sau, mai recent, în impulsuri, cu → *variatoare statice de tensiune continuă*, care elimină pierderile de energie pe rezistențele de pornire și reglare.

transductor, traductor de curent continuu în curent alternativ, care funcționează pe principiul → *amplificatorului magnetic*, utilizat la măsurarea curentului continuu de mare intensitate (de ex., în instalațiile de electroliză).

transfigurare stea-triunghi, stabilire a unei rețele electrice în triunghi, echivalentă cu o rețea în stea dată, sau invers, cu condiția ca regimul rețelei din exterior (curenți, tensiuni) să nu se modifice. **T.s.-t.** se face cu scopul de a simplifica calculul rețelei. Dacă laturile stelei au rezistențele R_1, R_2 și R_3, iar laturile triunghiului R_{12}, R_{23} și R_{31}, trecerea de la triunghi la stea se face cu relațiile: $R_1 = R_{12}R_{31}/(R_{12} + R_{23} + R_{31})$; $R_2 = R_{23}R_{12}/(R_{12} + R_{23} + R_{31})$; $R_3 = R_{31}R_{23}/(R_{12} + R_{23} + R_{31})$, iar trecerea de la stea la triunghi, cu relațiile: $R_{12} = R_1 + R_2 + R_1R_2/R_3$; $R_{23} = R_2 + R_3 + R_2R_3/R_1$; $R_{31} = R_3 + R_1 + R_3R_1/R_2$ (fig. 289). Relațiile se pot aplica și în curent alternativ, cînd nu există inductivități mutuale, punînd în loc de rezistențe, impedanțe.

transformare Carson, transformare funcțională a unei funcții $f(t)$ de variabilă reală t într-o funcție $\varphi(p)$ de variabilă complexă $p = \sigma + j\omega$ ($j = \sqrt{-1}$) definită de relația $\varphi(p) = \mathcal{C}\{f(t)\} = p\int_0^\infty f(t)\exp(-pt)\,dt = p\,\mathcal{L}\{f(t)\}$, $\mathcal{L}$ fiind simbolul pentru →

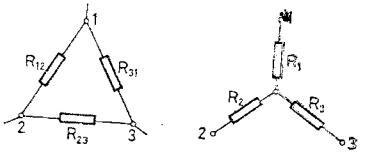


Fig. 289

transformarea Laplace. **T.C.** are aceleași aplicații ca și transformata Laplace.

transformare conformă, reprezentare conformă.

transformare Laplace, transformare funcțională a unei funcții $f(t)$ de variabilă reală t într-o funcție $F(p)$ de variabilă complexă $p = \sigma + j\omega$ ($j = \sqrt{-1}$) definită de relația $F(p) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^\infty f(t)\exp(-pt)\,dt$. Funcția $F(p) = \mathcal{L}\{f(t)\}$ se numește *transformata Laplace* sau funcție imagine (adesea, în special în automatizări, în locul lui p se folosește simbolul s). Prin **t.L.** operațiile de derivare și integrare în raport cu timpul se transformă în operații algebrice liniare efectuate asupra imaginii. **T.L.** *ale unor funcții uzuale*: *a*) constantă, $\mathcal{L}(c) = c/p$; $\mathcal{L}(0) = 0$; *b*) sumă, $\mathcal{L}(f_1 + f_2) = \mathcal{L}(f_1) + \mathcal{L}(f_2)$; *c*) produs printr-o constantă, $\mathcal{L}(\lambda f) = \lambda\mathcal{L}(f)$; *d*) exponențială, $\mathcal{L}\{\exp(\alpha t)\} = 1/(p - \alpha)$; *e*) derivată, $\mathcal{L}(df/dt) = p\mathcal{L}(f) - f(0)$; *f*) integrală, $\mathcal{L}\{\int_0^t f(\tau)\,d\tau = \mathcal{L}(t)/p$; *g*) variabila independentă, $\mathcal{L}(t) = 1/p^2$; *h*) funcții sinusoidale, $\mathcal{L}(\sin\omega t) = \omega/(p^2 + \omega^2)$; $\mathcal{L}(\cos\omega t) = p/(p^2 + \omega^2)$. **T.L.** este biunivocă dacă pentru $t < 0$, $f(t) = 0$. Transformarea inversă, $f(t) = \mathcal{L}^{-1}\{F(p)\} = \frac{1}{2\pi j}\int_{\sigma-j\omega}^{\sigma+j\omega}\exp(pt)\,F(p)\,dp$ (teorema *Mellin-Fourier*). Pentru trecerea de la imagine la original se pot folosi tabele. **T.L.** se utilizează, de regulă, la studiul circuitelor electrice în regim tranzitoriu, ecuațiile integro-diferențiale transformîndu-se în ecuații algebrice *(calcul operațional)*.

transformată Carson → **transformare Carson.**

transformată Laplace → **transformare Laplace.**

transformator, aparat static electromagnetic de curent alternativ care modifică parametrii energiei electromagnetice (tensiune, curent, număr de faze) la aceeași frecvență. **T.** se utilizează, cu precădere, la transportul și distribuția energiei electrice, legînd între ele două sisteme de tensiuni diferite (*t. de putere* sau **t.** pentru instalații electroenergetice). În afară de acestea, se utilizează o mare diversitate de **t.** speciale: → *transformator de măsură*, **t.** de mică putere pentru instalații informaționale *(t. de rețea)*, **t.** cu 6 sau 12 faze pentru redresoare, **t.** pentru cuptoare electrice cu arc sau de inducție, **t.** de sudare *(→ surse de sudare)*, **t.** de înaltă tensiune pentru încercări etc. **T.** care modifică frecvența tensiunii (dubloare, → *triploare de frecvență* etc.) se numesc *t. de frecvență*. **T.** cu puteri sub 6,3 kVA se numesc *t. de mică putere*. **T.** de înaltă tensiune ating puteri de sute de MVA. *TEORIA T.* Părțile principale ale unui **t.** sînt circuitul magnetic și înfășurările (fig. 290), una primară (receptoare de energie) și una sau mai multe, secundare (surse). Funcționarea **t.** se bazează pe fenomenul de inducție electromagnetică. Alimentînd înfășurarea primară cu tensiune alternativă, curentul primar i_1 va produce un flux magnetic alternativ, din care, o parte, Φ_u, fluxul util, închănțuie și înfășurarea secundară, iar o parte, $\Phi_{\sigma 1}$, fluxul de scăpări, închănțuie numai înfășurarea primară. Fluxul util induce

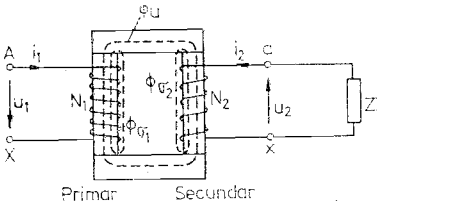


Fig. 290

tensiuni electromotoare în cele două înfășurări: în primar, $u_{e1} = -N_1 d\Phi_u/dt$; în secundar, $u_{e2} = -N_2 d\Phi_u/dt$, N_1, N_2 fiind numărul de spire al celor două înfășurări. Raportul tensiunilor electromotoare induse în primar și în secundar este egal cu raportul numerelor de spire, $u_{e1}/u_{e2} = N_1/N_2$. Dacă în secundar se conectează o sarcină, curentul secundar i_2, datorat tensiunii electromotoare u_{e2}, produce amperspirele i_2N_2, care se suprapun peste amperspirele primare i_1N_1, iar rezultanta lor determină fluxul util din miezul **t.** Fluxurile de scăpări create de curentul primar și secundar, induc în înfășurări tensiunile electromotoare $u_{e\sigma 1} = -N_1 d\Phi_{\sigma 1}/dt = -L_{\sigma 1}di_1/dt$ și $u_{e\sigma 2} = -N_2 d\Phi_{\sigma 2}/dt = -L_{\sigma 2}di_2/dt$. Dacă rezistențele celor două înfășurări se notează cu R_1 și R_2, prin aplicarea teoremei a doua a lui Kirchhoff circuitului primar (regula de → *asociere a sensurilor pozitive* pentru receptor) și secundar (sursă) se obțin ecuațiile de tensiuni ale **t.** monofazat în valori momentane: $u_1 = i_1R_1 + L_{\sigma 1}di_1/dt - u_{e1}$; $u_{e2} = i_2R_2 + L_{\sigma 2}di_2/dt + u$, ecuații valabile pentru orice mod de variație în timp a tensiunilor și curenților. În *regim sinusoidal*, se folosește reprezentarea în complex (simplificat): $\underline{U}_1 = \underline{I}_1R_1 + jX_{\sigma 1}\underline{I}_1 - \underline{U}_{e1}$; $\underline{U}_{e2} = R_2 \cdot \underline{I}_2 + jX_{\sigma 2}\underline{I}_2 + \underline{U}_2$, $X_{\sigma 1} = \omega L_{\sigma 1}$, $X_{\sigma 2} = \omega L_{\sigma 2}$, $\omega = 2\pi f$, f — frecvența ten-

siunii de alimentare. Dacă tensiunea de alimentare este constantă, neglijînd căderile de tensiune se poate considera $U_1 \approx U_{e1} = 4{,}44 f \Phi_u N_1 = \text{const}$, deci $\Phi_u = \text{const}$. Pentru ca solenația rezultantă, care produce fluxul util, să fie constantă, $\underline{I}_1 N_1 + \underline{I}_2 N_2 = \underline{I}_{10} N_1$ (și egală cu solenația de la mers în gol, I_{10} — curentul de mers în gol),

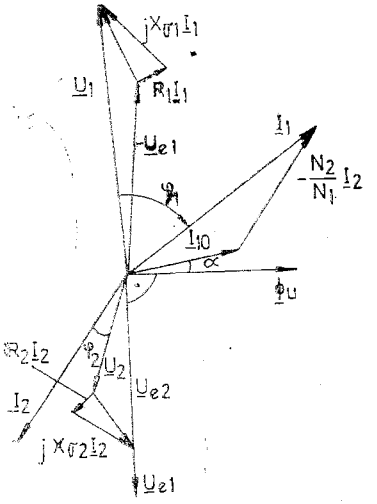


Fig. 291

consideră un t. echivalent (fictiv), care ar avea aceleași tensiuni electromotoare induse, atît în primar, cît și în secundar, $U_{e1} = U'_{e2}$ (indicele arată că mărimile și parametrii din secundar sînt raportate la primar). T. echivalent are aceleași puteri aparente, aceleași pierderi și același factor de putere ca și t. real. Raportarea la primar se face cu ajutorul raportului de transformare, $k = N_1/N_2$: $\underline{U}'_{e2} = k\underline{U}_{e2}$; $\underline{U}'_2 = k\underline{U}_2$; $\underline{I}'_2 = \underline{I}_2/k$; $R'_2 = k^2 R_2$; $X'_{\sigma 2} = k^2 X_{\sigma 2}$. Ecuațiile de tensiuni în mărimi raportate devin: $\underline{U}_1 = R_1\underline{I}_1 + j X_{\sigma 1}\underline{I}_1 - \underline{U}_{e1}$; $\underline{U}_{e1} = R'_2\underline{I}'_2 - jX'_{\sigma 2}\cdot \underline{I}'_2 + \underline{U}'_2$; $\underline{I}_1 + \underline{I}'_2 = \underline{I}_{10}$, cărora le corespunde schema echivalentă și diagrama fazorială din fig. 291 și fig. 292. Impedanța de magnetizare $\underline{Z}_m = R_m + jX_m$ este compusă din reactanța corespunzătoare fluxului util și rezistența corespunzătoare pierderilor în fier. Curentul de mers în gol al transformatoarelor de putere reprezintă 2...3% din curentul nominal, astfel încît la sarcini mari (apropiate de sarcina nominală) și la scurtcircuit, se poate neglija. Neglijînd și pierderile în fier, care la transformatoarele uzuale reprezintă 0,2...0,35% din puterea nominală, se obține schema echivalentă

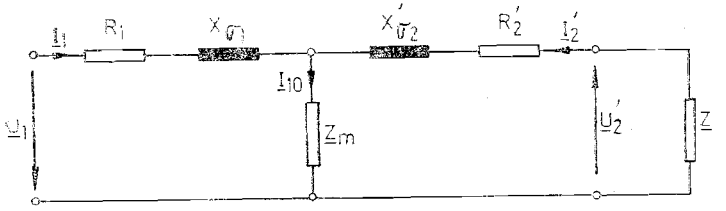


Fig. 292

trebuie ca odată cu creșterea sarcinii (a curentului secundar), să crească și curentul primar (amperspirele primare și secundare fiind opuse). *Schema echivalentă* a t. se obține dacă se presupune că numărul de spire din primar este același cu cel din secundar, adică se

simplificată din fig. 293, în care $I_1 = N_2 I_2/N_1$. Rezistența $R_{sc} = R_1 + R'_2$ și reactanța $X_{sc} = X_{\sigma 1} + X'_{\sigma 2}$ reprezintă *parametrii de scurtcircuit* ai t. Impedanța de scurtcircuit $Z_{sc} = \sqrt{R_{sc}^2 + X_{sc}^2}$ determină *tensiunea de*

scurt-circuit $U_{sc} = I_{1n} Z_{sc}$ și reprezintă, la t. uzuale, 4...6% din tensiunea nominală. Tensiunea de scurtcircuit reprezintă tensiunea la care se alimentează t. avînd bornele secundare scurtcircuitate (la încercarea de scurtcircuit), pentru a avea prin înfășurări curentul nominal, cu scopul de a măsura pierderile nominale în înfășurări. Curentul de scurtcircuit permanent al t. este $I_{sc} = U_1/Z_{sc} = I_{1n} U_1/U_{sc} = (16...25) I_{1n}$. Pentru micșorarea curentului de scurtcircuit, la unele t., cum sînt cele de alimentare a redresoarelor sau cuptoarelor electrice, se adoptă valori mai mari pentru tensiunea de scurtcircuit. Curentul staționar de scurtcircuit al t. se stabilește după un regim tranzitoriu *(scurtcircuitul brusc)*, în care valoarea maximă a curentului *(curentul de șoc)* depinde de momentul producerii scurtcircuitului, cel mai defavorabil moment fiind cel în care tensiunea trece prin zero. Curentul de șoc, $i_{sc\,max} = k_{sc}\sqrt{2}\, I_{sc}$, în care $k_{sc} \to 2$ pentru $R_{sc}/X_{sc} \to 0$, $k_{sc} \to 1$ pentru $R_{sc}/X_{sc} \to \infty$, nu pericliteză, în general, t. prin încălzire, amortizarea făcîndu-se în cîteva perioade, dar produce solicitări mecanice importante, prin forțele electrodinamice dintre înfășurări. La *conectarea*

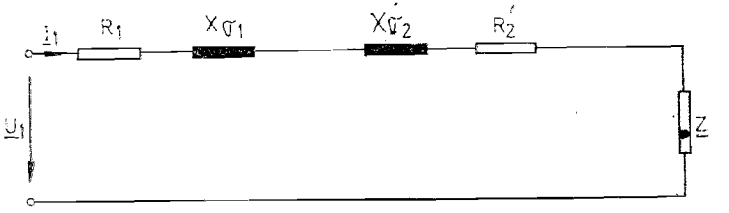


Fig. 293

t. în gol, în anumite cazuri, funcție de momentul conectării, apar curenți tranzitorii, de 4...5 ori mai mari decît curentul nominal, care pot crea dificultăți la conectarea t. cu întreruptoare automate. Dacă conectarea se face în momentul în care tensiunea rețelei are valoarea maximă, t. intră direct în regimul staționar, făcă curent tranzitoriu de conectare. *CONSTRUCȚIA T. DE PUTERE.* Pe lîngă părțile active (miezul feromagnetic și → *înfășurările*), t. mai cuprinde următoarele părți constructive: *schela* metalică de susținere, *carcasa*, la t. uscate și *cuva*, la t. în ulei (uleiul servind atît ca mediu izolant, cît și ca mediu de răcire), *căruciorul*, cu care t. se poate deplasa (de regulă, pe șine), *conexiunile* între înfășurări și dispozitivul de reglare a tensiunii *(comutatorul)*, *izolatoarele* de trecere, *conservatorul* de ulei (rezervorul de dilatare), supapa de siguranță, instalații de răcire speciale și diferite accesorii. Miezul feromagnetic se confecționează din → *tablă silicioasă*. Secțiunea miezului, de formă pătrată sau dreptunghiulară, la puteri mici, are, la puteri mari, formă de trepte, iar la puteri foarte mari, între pachetele de tole se lasă canale de răcire (fig. 294). Asamblarea cir-

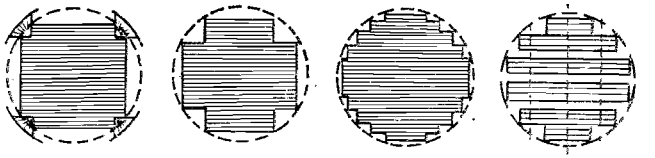


Fig. 294

cuitului magnetic (care poate fi în coloană sau în manta fig. 295), se poate face prin suprapunerea → *jugurilor* peste → *coloane*, sau, mai frecvent și mai eficient, căci se reduce curentul de mers în gol, prin țesere (fig. 296). Consolidarea coloanelor și jugurilor se poate face prin presare cu grinzi de lemn (la puteri mici), sau cu profile laminate. Piesele metalice de strîngere (nituri, buloane) trebuie izolate față de tole pentru evitarea încălzirilor locale provocate de curenții turbionari. În ultimul timp se folosesc buloane izolante, din rășini epoxidice armate cu fibre de sticlă, sau se consolidează tolele prin lipire cu un clei special. Miezul înfășurat, din tablă continuă, este cu 15...20% mai ușor decît miezul din tole. *T. trifazat* poate fi constituit din 3 unități monofazate (la puteri peste 400 MVA sau la stații subterane, din considerente de transport), sau dintr-un singur t., cel mai frecvent cu coloanele în același plan, ceea ce produce o nesimetrie a curenților la mers

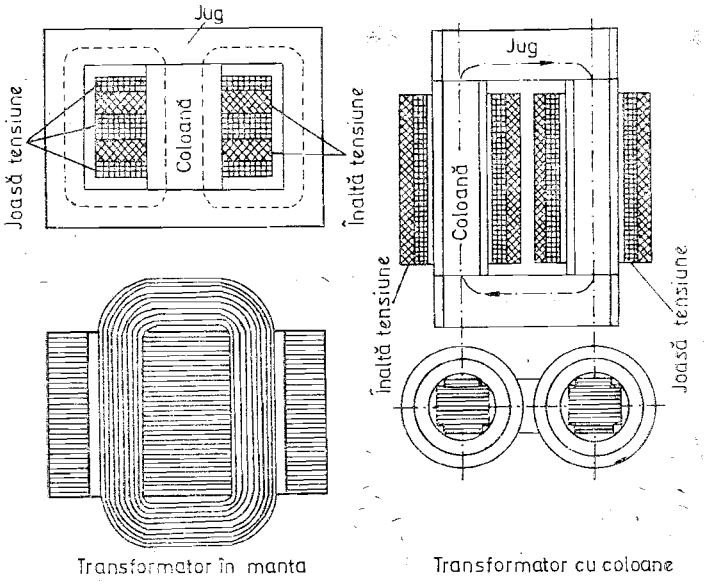


Fig. 295

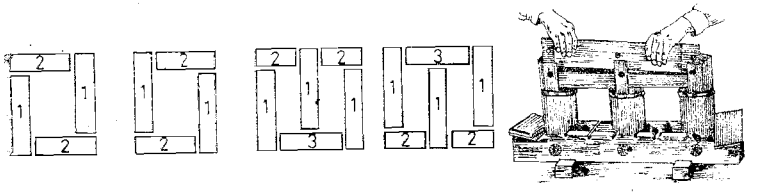


Fig. 296

sul în gol. Înfășurările pot avea diferite → *conexiuni*. La exploatarea t., în special la legarea în paralel, este foarte important să se cunoască *grupa de conexiuni*, exprimată printr-o cifră, de la 0 la 11, care prin înmulțirea cu 30° dă defazajul dintre tensiunea de linie a înfășurării de înaltă tensiune U_{AB} și cea de joasă tensiune, U_{ab}, considerînd ca origine de fază tensiunea joasă (fig. 297). T. cu o conexiune în triunghi (D) sau zig-zag

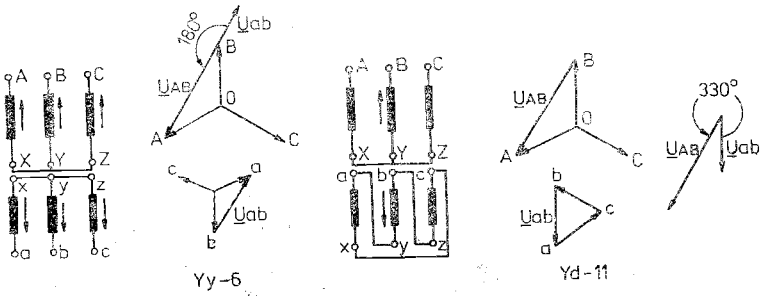


Fig. 297

(Z) se comportă mai bine la sarcini nesimetrice decît cele cu conexiunea stea-stea (Yy), fiind folosite la alimentarea receptoarelor monofazate sau a redresoarelor. T. se pot lega *în paralel*, dacă au aceleași tensiuni de linie (primare și secundare), deci același raport de transformare, și aceeași grupă de conexinni. Pentru o încărcare corectă în sarcină, se recomandă ca tensiunile de scurtcircuit să fie cît mai apropiate (abateri maxime de ±10%), iar puterile nominale să nu difere cu mai mult de 1:3. *(→ protecția transformatoarelor)*.

transformator de curent → **transformator de măsură.**

transformator de măsură, transformator destinat reducerii proporționale a curentului *(t.de m. de curent)* sau tensiunii *(t.de m. de tensiune)*, care depășesc anumite valori (de ex., 30 A și 500 V), pentru a se putea măsura cu ajutorul instrumentelor de măsură de curenți mici (1 sau 5 A) sau de joasă tensiune (100 V) sau pentru a se alimenta unele aparate de comandă și protecție. *T.de m. de curent* (impropriu *reductor de curent*) se utilizează în instalațiile cu curenți peste 30 A sau/și în cele cu tensiuni peste 500 V. Este în construcție monofazată, de regulă cu miez toroidal *(→ tor)*, cu întrefier redus la minimum. Înfășurarea primară poate avea o singură spiră (formată dintr-o bară la care se conectează conductorul prin care se măsoară curentul) sau mai multe, fie formate de trecerea, de mai multe ori, a conductorului prin fereastra torului, fie cu o înfășurare specială așezată pe miez. Înfășurarea secundară este astfel dimensionată încît curentul nominal secundar să fie 5 A (uneori 1 A). **T.de m.** de curent alimentează aparate de impedanță mică (ampermetre, bobine de curent ale wattmetrelor sau contoarelor de energie, relee de curent etc.) încît se poate considera că funcționează în scurtcircuit, regim la care se poate neglija curentul de mers în gol, astfel că amperspirele primare și secundare se compensează reciproc, $I_1N_1 = I_2N_2$, $I_2 = I_1/k$. Pentru micșorarea curentului de mers în gol, inducția magnetică în miezul **t.de m.** de curent, la funcționare normală, este de numai 0,08... ...0,1 T. Curentul de mers în gol și

pierderile în fier determină *eroarea de curent*, $\varepsilon_i = (kI_2 - I_1)/I_1$ și *eroarea de unghi*, cei doi curenți fiind defazați cu un unghi mai mic de 180°. În funcție de aceste erori, **t.de m.** de curent se fabrică în diferite clase de precizie (0,2 ; 0,5 ; 1 ; 3 ; 10). În exploatare, o bornă secundară trebuie legată la priza de pămînt, pentru evitarea consecințelor străpungerii izolației dintre primar și secundar. Funcționarea cu secundarul deschis (în gol) duce la creșterea inducției magnetice în miez la 1,4...1,8 T, amperspirele primare nefiind compensate, ceea ce produce supraîncălzirea miezului și modificarea proprietăților sale magnetice, distrugerea izolației secundare precum și apariția în secundar a unei supratensiuni periculoase, de cîteva mii de V. Există diferite tipuri constructive de **t.de m.** de curent : de interior și de exterior, de joasă tensiune și înaltă tensiune, cu izolație din rășini epoxidice sau cu ulei (peste 35 kV), de trecere, tip suport etc. *T.de m. de tensiune* (impropriu *reductor de tensiune*) funcționează practic în gol, alimentînd bobinele voltmetrelor, bobinele de tensiune ale wattmetrelor și contoarelor de energie, relee de tensiune etc. În cazul ideal, $U_1/U_2 = N_1/N_2$, $U_2 = U_1/k$; în cazul real, curentul de mers în gol și curentul secundar produc căderi de tensiune pe rezistențele și reactanțele de scăpări ale înfășurărilor și determină abateri de la proporționalitatea tensiunilor. Eroarea de tensiune, definită de relația $\varepsilon_u = (kU_2 - U_1)/U_1$, la $U_1 = (0{,}8...1{,}2)\,U_n$, puterea din secundar (0,25...1) P_n și cos $\varphi = 0{,}8$, determină clasa de precizie (0,2 ; 0,5 ; 1 ; 3). Înfășurarea secundară, miezul și carcasa (cuva) se leagă la pămînt. Se construiesc **t.de m.** de tensiune monofazate și trifazate, cu izolație de rășină epoxidică (pînă la 35 kV) sau ulei, de interior sau exterior, cu puteri nominale de la 25 la 600 VA.

transformator de rețea → **transformator.**

transformator de sudare → **surse de sudare electrică.**

transformator de tensiune → **transformator de măsură.**

transformator rotativ, micromașină de curent alternativ care funcționează pe principiul → *regulatorului de inducție*, utilizată în automatizări pentru a da la ieșire o tensiune proporțională cu unghiul de poziție rotorică sau cu o funcție trigonometrică de acest unghi.

transformator sudător, transformator cu raportul de transformare 1 :1 utilizat în tracțiunea electrică de curent alternativ cu fir de contact pentru reducerea → *curenților vagabonzi*. **T. s.** se amplasează la distanțe de 1...3 km, avînd primarul parcurs de curentul din firul de contact, iar secundarul, de curentul de întoarcere din șină. În ipoteza neglijării curentului de mers în gol, cei doi curenți trebuie să fie egali, deci curentul secundar este obligat să circule prin șine, fără a se dispersa prin pămînt, micșorîndu-se astfel → *influența electromagnetică* a liniei de contact.

transmiterea căldurii, proces de transfer al căldurii de la un corp sau mediu cu temperatură mai ridicată la unul cu temperatură mai scăzută. **T.c.** se face prin conducție, convecție și radiație, sau, concomitent, prin toate aceste moduri (**t. complexă a c.**). *Conducția termică* are loc între părțile mai calde și părțile mai reci ale aceluiași corp sau între două corpuri cu temperaturi diferite, care se află în contact. Conducția termică se produce prin egalizarea energiilor interne ale părților învecinate ale corpurilor, prin agitația termică a atomilor și moleculelor. La → *metale* o contribuție importantă în conducția termică o au, ca și la conducția electrică, electronii liberi, ceea ce face ca acestea să fie bune conducătoare atît de căldură, cît și de electricitate. Cantitatea de căldură transmisă prin conducție în

unitatea de timp prin unitatea de suprafață se calculează cu relația $q = -\lambda \operatorname{grad} \vartheta$ *(legea lui Fourier)*, în care λ este → *conductivitatea termică* și ϑ — temperatura. *Convecția termică* este legată de deplasarea particulelor de fluid (lichide, gaze) și apare, de ex., cînd suprafața unui corp este spălată de un curent de fluid. Circulația fluidului poate fi naturală, cauzată de diferența densităților fluidului cald și rece, sau forțată, cu ajutorul pompelor sau ventilatoarelor. Căldura transmisă prin convecție în unitatea de timp prin unitatea de suprafață a unui perete cu temperatura ϑ_p, spălat de un fluid cu temperatura ϑ_f, este dată de relația $q = \alpha(\vartheta_p - \vartheta_f)$, *(formula lui Newton)*, în care α este coeficientul de cedare a căldurii prin convecție, exprimat în W/m²grd. Acesta depinde de modul de circulație a fluidului (naturală, forțată), de regimul de curgere, de proprietățile fizice ale fluidului și de configurația suprafeței de cedare a căldurii. *Radiația termică* reprezintă unde electromagnetice (radiații infraroșii, vizibile sau ultraviolete, avînd lungimea de undă cuprinsă între 0,1 și 100 μm) emise de corpurile încălzite. Orice corp cu temperatură mai mare de zero absolut (−273°C), emite radiații termice, dar acestea sînt importante abia de la cîteva sute de grade Celsius. Căldura emisă prin radiație termică de unitatea de suprafață a unui corp este proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute *(legea Stefan-Boltzmann)*.

transportul energiei electrice, transfer al energiei electrice de la centrale la consumatori, pe → *linii electrice de energie*. Creșterea puterii transmise a determinat ridicarea continuă a tensiunii liniilor, care în prezent a atins 750 kV. Depășirea acestei valori, limitate de → *efectul corona*, este posibilă la **t.e.e.** în curent continuu (de ex., la 1 000 kV), căci în curent alternativ, valoarea maximă a tensiunii, care determină apariția efectului corona este de $\sqrt{2}$ ori mai mare decît valoarea efectivă (nominală) a tensiunii liniei. **T.e.e.** în curent continuu necesită → *mutatoare* de foarte înaltă tensiune (redresor, la stația ridicătoare și invertor, la stația coborîtoare).

transpoziție, transpunere.

transpunere, modificare periodică, după o anumită regulă, a poziției relative a conductoarelor electrice dintr-un ansamblu care are același traseu, cu scopul de a egaliza parametrii (reactanțe, capacități) și de a simetriza curenții și tensiunile. La → *linii electrice de energie* aeriene de înaltă tensiune, **t.** se face, cu perioade de ordinul zecilor de km, cu ajutorul unor stîlpi speciali. În prezent, există tendința renunțării la **t.**, care măresc costul liniei. La **transformatoare** de mare putere și la **mașini electrice rotative** de lungime mare, la care conductoarele sînt fasciculare (în mănunchiuri), **t.** urmărește micșorarea pierderilor suplimentare (prin curenți turbionari în conductoare). Dacă un conductor ocupă toate pozițiile din crestătură, în direcție radială, **t.** este *completă* (fig. 298), iar pierderile suplimentare

Fig. 298

sînt aceleași ca și cînd fiecare conductor ar exista separat, fără a fi legat în paralel cu celelalte conductoare din mănunchi.

tranzistor de putere, tranzistor utilizat în instalațiile de energie (surse, amplificatoare de putere, mutatoare etc.). Evoluția **t.de p.**, care prin 1960 aveau curenți de cîțiva A, tensiuni de 100 V și pierderi admisibile de 50 W, a fost încetinită odată cu apariția tiristorului (1958). Cercetările de mărire a

performanțelor **t.de p.** au fost reluate după 1980, ajungîndu-se la curenți de 500 A și tensiuni de 3000 V. Utilizarea **t.de p.** în mutatoare, în locul tiristoarelor, prezintă următoarele avantaje : cost mai redus, randament mai bun, în special la tensiuni joase (cazul alimentării de la baterie), frecvențe de comutare pînă la 100 kHz (timpi de comutare de 5 ori mai mici decît ai celor mai rapide tiristoare), economii de materiale active deficitare, gabarit și masă mai mică a instalațiilor, nu necesită accesorii costisitoare de protecție și comutație (bobine, condensatoare), nu produc regim deformant atît de pronunțat ca tiristoarele. În fig. 299 este arătată

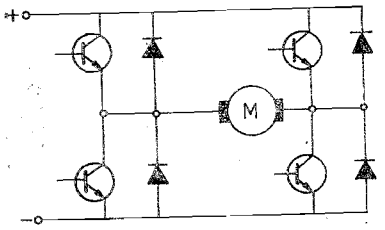


Fig. 299

schema unui variator bidirecțional de tensiune continuă (chopper) cu **t.de p.** pentru comanda unui motor de curent continuu.

tratarea neutrului, mod de soluționare a problemei legării la pămînt a neutrului rețelelor trifazate și a generatoarelor, în scopul limitării efectului *→ punerilor la pămînt* ale unei faze. După modul de **t.** a **n.** se deosebesc următoarele tipuri de rețele : 1) *Rețea cu neutrul izolat*, la care nu există nici o legătură voită cu pămîntul, cu excepția celei prezentate de impedanțele, de valoare mare, ale aparatelor de măsură și semnalizare Aceste rețele pot funcționa un anumit timp cu o fază pusă la pămînt, dacă nu intervin supratensiuni sau supracurenți de valoare inadmisibilă. La liniile lungi supracurenții capacitivi pot avea valori periculoase, iar tensiunile celorlalte faze față de pămînt, de $\sqrt{3}$ ori mai mari decît în situația normală, pot cauza scurtcircuite bi- sau trifazate cu puneri la pămînt. Fenomenele de rezonanță, produse datorită valorilor apropiate ale reactanțelor sincrone ale generatoarelor și reactanțelor capacitive echivalente ale rețelei cu o fază pusă la pămînt, pot da supratensiuni de 3...3,5 ori mai mari decît tensiunea de fază. 2. *Rețea compensată*, la care neutrul este legat la pămînt printr-o reactanță *(→ bobină de stingere)* sau printr-un transformator de legare la pămînt (în rețelele care nu au neutrul accesibil). Acestea permit închiderea unui curent inductiv între locul defect și bobină, care să compenseze substanțial componenta capacitivă a curentului prin locul defect. Rețeaua poate fi *supracompensată* (cazul cel mai frecvent), la *rezonanță* sau *subcompensată*, după cum curentul inductiv este mai mare, egal sau mai mic decît curentul capacitiv de punere la pămînt al rețelei. Practica a arătat că arcul se stinge chiar dacă curentul de dezacord are valori de 50 A. Metoda se aplică la rețele sub 110 kV (la noi, la rețelele de 35 kV). 3) *Rețea cu neutrul legat la pămînt*, fie direct (neutru efectiv legat la pămînt, la rețele peste 110 kV inclusiv), fie printr-o rezistență sau reactanță suficient de mică (neutru neefectiv legat la pămînt, la cabluri subterane de medie tensiune), care să reducă oscilațiile tranzitorii, dar și să limiteze curenții de scurtcircuit. În ultimul timp se preferă utilizarea rezistențelor în locul reactanțelor. **T.n. generatoarelor sincrone**, care pot avea neutrul izolat sau legat la pămînt prin rezistențe sau reactanțe, se face, în prezent, aproape exclusiv prin legarea la pămînt cu rezistențe, care asigură și o protecție împotriva punerii la masă.

trăsnet, descărcare electrică, de mare energie, care se produce între un nor încărcat cu sarcini electrice și pămînt, prin canale cu aer puternic ionizate *(→ descărcare atmosferică)*. Descărcarea se produce în etape, care se succed la intervale foarte scurte (cca 50 μs) și începe cînd intensitatea cîmpului electric depășește o anumită limită, producîndu-se străpungerea intervalului de aer dintre nor și pămînt. Sarcinile electrice din nori separate prin frecare determină pe norii de furtună potențiale de ordinul sutelor și milioanelor de kV și intensități de cîmp electric de la sute de kV/m la mii de kV/m. Sarcinile norilor pot fi pozitive (în 12% din cazuri), negative (85,5%), iar în cazuri rare (2,5%) sensul curentului între nor și pămînt alternează. După formarea unui canal de aer ionizat, la prima străpungere, are loc neutralizarea sarcinilor prin curenți de ordinul zecilor de kA (probabilitatea ca valoarea curentului să depășească 60 kA este de numai 10%). Viteza de creștere a curentului este de 12...60 kA/μs, iar sarcina totală transportată este de ordinul coulombilor și zecilor de C. Pentru aprecierea energiei degajate în conductoare de rezistență constantă prin care se scurge curentul de **t.** *(→ paratrăsnet)*, se folosește integrala $\int i^2\,dt$, care are valori de $10^5...10^7 A^2s$. La o descărcare prin **t.** cu un curent de 100 kA, timp de 50 μs, sub o diferență de potențial de 200 MV (care ar corespunde la o distanță de 400 m între nor și pămînt), sarcina transportată este de 5 C, puterea de $20 \cdot 10^6$ kW, iar energia dezvoltată, de 280 kWh. **T.** este periculos pentru instalațiile electrice, acționînd prin lovituri directe, indirecte sau prin inducție electrostatică. Loviturile directe de **t.** pot avaria grav liniile de înaltă tensiune (distrugerea lanțului de izolatoare, volatilizarea conductoarelor, deteriorarea izolației aparatelor din stațiile apropiate etc.). Protecția contra loviturilor directe se face cu *→ paratrăsnete* și conductoare de protecție *(→ fir de gardă)*. Protecția contra loviturilor indirecte de **t.** (produse în apropierea liniei), care determină apariția *→ supratensiunilor*, mai periculoase pentru liniile de medie tensiune, se face cu *→ descărcătoare*.

triac, ventil semiconductor bidirecțional, format din straturi *pnpn* și *npnp* în paralel, cu doi electrozi de lucru și unul de comandă (fig. 300). **T.** se comportă ca două tiristoare în

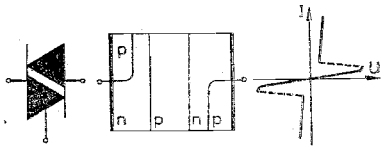


Fig. 300

antiparalel (catodul unuia legat la anodul celuilalt). Denumirea **t.** provine din l. engleză (*triode alternating current switch*). **T.** conduce în ambele sensuri, atunci cînd primește semnal de comandă, fie pozitiv, fie negativ și se utilizează drept contactor static de curent alternativ. Curenții nominali ai **t.** actuale sînt de ordinul sutelor de A, iar tensiunile, pînă la 1 000 V. În cazul sarcinilor inductive comutația **t.** este mai dificilă decît a tiristoarelor. Comanda **t.** se poate face simplu, cu ajutorul *→ diacului*.

trifazat *→ sistem polifazat*.

triplor de frecvență, sursă de frecvență triplă față de frecvența rețelei utilizată la încălzirea prin inducție a pieselor de diametre mari sau la cuptoarele de inducție cu creuzet de capacitate medie. Principiul **t.de f.** electromagnetic constă în amplificarea artificială a armonicii a treia a fluxului magnetic cu ajutorul circuitelor magnetice saturate confecționate din materiale magnetice cu pierderi în

fier mici și cu ciclu de histerezis dreptunghiular. *T. de f.cu bobine* (fig. 301,*a*) constă din 3 bobine cu miez de fier saturat, legate în stea și alimentate de la o rețea trifazată de frecvență industrială. Curentul

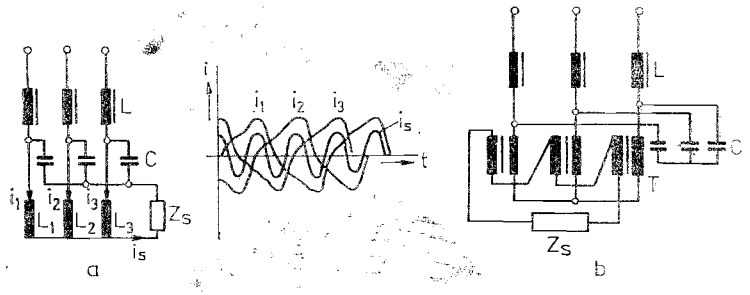


Fig. 301

prin bobine este puternic deformat, avînd armonici impare importante. Curentul prin sarcină constă, în esență, din armonicile de ordinul 3 ale celor 3 bobine, care, fiind sinfazice, se însumează, pe cînd armonicile fundamentale, de 50 Hz, se anulează. Condensatoarele servesc la crearea neutrului artificial, iar bobinele de rețea protejează rețeaua de armonicile superioare de ordinul 3. La puteri mai mari de 300 kW, la care este necesară alimentarea de la rețeaua de înaltă tensiune, se utilizează *t.de f.cu transformator* (fig. 301,*b*). Inducția magnetică în miezul transformatorului atinge valori de 2,2 T, ceea ce determină o deformare pronunțată a tensiunilor. Triunghiul deschis al secundarului însumează armonicile de ordinul 3 ale tensiunilor secundare și anulează armonicile fundamentale. Bobinele protejează rețeaua de armonica a treia, iar condensatoarele au rolul de a îmbunătăți factorul de putere al t.de f. Reglarea puterii se poate face prin magnetizare în curent continuu, modificînd gradul de saturație al miezului. Se construiesc și multiplicatoare de frecvență, de 5 sau 6 ori frecvența rețelei.

triunghi, → **conexiune**, → **transformare stea-triunghi.**

triunghi caracteristic, triunghi folosit la obținerea caracteristicii în sarcină, $U = f(I_e)$ la $I = \text{const}$, a unui generator de curent continuu, din caracteristica de mers în gol (fig. 302). T.c. este un triunghi dreptunghic, cu o catetă, *TQ*, egală cu căderea de tensiune pe rezistențele indusului și cu cealaltă catetă, *ST*, egală cu curentul de excitație echivalent cu amperspirele demagnetizante ale reacției indusului.

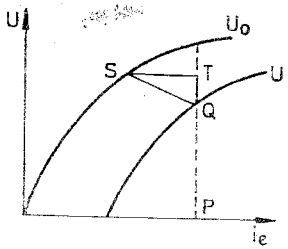


Fig. 302

triunghi de scurtcircuit, triunghi construit cu fazorii căderii de tensiune ohmice (pe rezistența de scurtcircuit a unui → *transformator*) și căderii de tensiune inductive (pe reactanța de scurtcircuit), cu ajutorul căruia se studiază variația tensiunii secundare

a transformatorului. Sin. *triunghiul lui Kapp*.

triunghiul lui Kapp, triunghi de scurtcircuit.

troleibuz, vehicul de transport rutier în comun (cu pneuri), avînd acționare electrică și alimentare de la două fire de contact la 750 V curent continuu printr-un → *captator de curent* numit *troleu*. Motoarele de tracțiune (unul sau două) de curent continuu cu excitație în serie, sînt comandate prin rezistoare sau, mai economic, cu → *variatoare statice de tensiune continuă*, prin impulsuri.

troleu → **captator de curent.**

tropicalizare → **protecție climatică.**

tub de protecție, tub utilizat la protejarea conductelor electrice contra agenților exteriori și contra deteriorării mecanice. În instalațiile electrice de joasă tensiune se folosesc următoarele tipuri de t.de p.: *Tuburi izolante ușor protejate*, metalice (simbol *IP*) și din policlorură de vinil (*IPY*), precum și tuburile flexibile (*IPF* și *IPFY*); se utilizează în încăperi uscate, în montaj îngropat sau aparent, în locuri fără pericol de deteriorări mecanice. În locuri cu solicitări mecanice se pot folosi tuburile cu rezistență mecanică mărită (*IPFR*). *Tuburi de protecție*, cu manta rigidă (*P*) sau flexibilă, cu rezistență mecanică (*PFR*); se utilizează în montaj aparent în încăperi uscate în care există pericol de deteriorări mecanice. *Tuburi etanșe și de protecție*, metalice (*IPE*, *PEL*) lăcuite, țeava de oțel pentru instalații (*T*) și de policlorură de vinil (*IPEY*), se montează aparent sau îngropat, în pardoseală sau sub tencuială, în încăperi umede sau ude, precum și în încăperi cu degajări de praf incombustibil. Montarea aparentă a t.de p. din materiale plastice se face numai pe elemente de construcție incombustibile.

tub fluorescent → **lampă electrică.**

tun electronic → **cuptor electric.**

tungsten, wolfram.

turbină → **centrală electrică.**

turbogenerator → **mașină sincronă.**

turn izolant, turn folosit la executarea, sub tensiune, a lucrărilor de întreținere la linia de contact a căilor ferate electrificate în curent alternativ de 25 kV, 50 Hz. T.i. este o construcție de forma unui trunchi de piramidă format din două scări de lemn, avînd la partea inferioară un cărucior cu care se deplasează pe șine, iar la partea superioară, izolată de restul construcției prin 4 bride de sticlostratitex protejate de mantale de tablă, o platformă de lemn împrejmuită, acoperită cu o plasă de sîrmă (fig. 303). Înainte de atingerea liniei

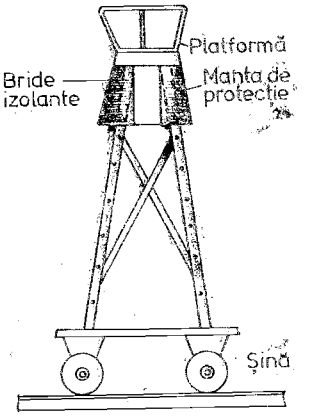


Fig. 303

de contact, aflate sub tensiune, se aduce platforma la tensiunea liniei cu ajutorul unui dispozitiv de scurtcircuitare, prevăzut la un capăt cu o clemă specială, cu care se agață de firul de contact. T.i. se încearcă la 75 kV timp de 5 min.

turometru, tahometru.

U

u, simbol pentru → **tensiune** (valoare momentană).

U, simbol pentru → **tensiune** (valoare efectivă).

U_e, simbol pentru → **tensiunea electromotoare**.

ulei izolant, ulei folosit ca mediu izolant și de răcire la transformatoare, întreruptoare, condensatoare, cabluri de energie etc. *U.i. mineral* se obține din țiței, prin distilare și rafinare. *U.i. sintetic*, folosit, în special, la condensatoare, se obține din hidrocarburi, esteri sau difenil clorurat (→ *clofen*). *U.i. de transformator și de întreruptoare* trebuie să aibă vîscozitate redusă, pentru a pătrunde ușor în izolația înfășurărilor și a facilita răcirea, punct de inflamabilitate ridicat (125...135°C), punct de congelare scăzut (−25 ... −35°C), pentru a putea fi folosit în exterior. Pierderile dielectrice (tg $\delta = 0{,}001$) și rigiditatea dielectrică (125...150 kV/cm) sînt influențate de prezența apei și impurităților. Permitivitatea relativă ($\varepsilon_r = 2{,}3$) variază puțin cu frecvența. În cursul exploatării calitățile u.i. se depreciază prin pătrunderea umezelii și prin îmbătrînire, care poate fi apreciată după valoarea rezistivității. Periodic, se execută operații de restabilire a proprietăților inițiale : uscare, filtrare, centrifugare, decantare sau regenerare, pe cale chimică sau fizică. *U.i. de condensator și de cablu* se obțin din u.i. de transformator, prin purificare chimică suplimentară și degazare în vid.

undă electromagnetică, formă de propagare, prin contiguitate (din aproape în aproape) a cîmpurilor electrice și magnetice. U.e., rezultată teoretic din → *ecuațiile lui Maxwell*, a fost pusă experimental în evidență de H. Hertz. U.e. se determină rezolvînd ecuațiile generale ale cîmpului electromagnetic în cazul unui mediu linear, omogen și izotrop, caracterizat prin permitivitatea $\varepsilon = \varepsilon_0\varepsilon_r$, permeabilitatea magnetică $\mu = \mu_0\mu_r$ și conductivitatea σ: $\Delta\bar{E} = \mu\sigma\dfrac{\partial\bar{E}}{\partial t} + \varepsilon\mu\dfrac{\partial^2\bar{E}}{\partial t^2}$; $\Delta\bar{H} = \mu\sigma\dfrac{\partial\bar{H}}{\partial t} + \varepsilon\mu\dfrac{\partial^2\bar{H}}{\partial t^2}$, unde $\bar{E}$ și $\bar{H}$ reprezintă vectorii intensitate de cîmp electric și magnetic, iar Δ — operatorul lui Laplace, $\Delta = \nabla^2$ ($\nabla \rightarrow$ *nabla*). În medii conductoare, soluțiile acestor ecuații diferențiale reprezintă *u.e. atenuate* (amortizate), datorită transformării ireversibile de energie prin efect Joule. În medii perfect izolante, $\sigma = 0$ (un caz particular fiind vidul), ecuațiile cîmpului electromagnetic capătă forma $\Delta\bar{E} = \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\bar{E}}{\partial t^2}$; $\Delta\bar{H} = \dfrac{1}{c^2}\dfrac{\partial^2\bar{H}}{\partial t^2}$, în care $c = 1/\sqrt{\varepsilon\mu}$ reprezintă viteza de propagare a u. e., egală cu viteza luminii. *U.e. plană* provine din rezolvarea ecuațiilor lui Maxwell în cazul particular în care mărimile de stare locală ($\bar{E}$, $\bar{H}$) au, la un moment dat, aceeași valoare în toate punctele unui plan perpendicular pe o direcție dată, deci depind, spațial, de o singură coordonată, $\bar{E} = \bar{E}(x, t)$, $\bar{H} = \bar{H}(x,t)$. Se poate arăta că în acest caz vectorii $\bar{E}$ și $\bar{H}$ sînt perpendiculari unul pe celălalt și pe direcția de propagare a u.e., $\bar{E} = \bar{j}E_y$, $\bar{H} = \bar{k}H_z$ (fig. 304). Dacă $\bar{E}$ și $\bar{H}$ sînt funcții sinusoidale de timp, $E_{y0} = E_m \sin \omega t$, $H_{z0} = H_m \sin \omega t$, relația u.e. plane sinusoidale este $E_y = E_m \sin \omega(t - x/c)$,

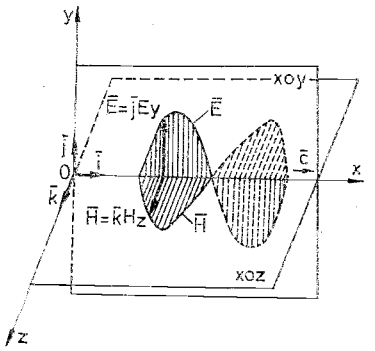


Fig. 304

$H_z = H_m \sin \omega(t - x/c)$. Între intensitățile cîmpului electric și magnetic există legătura, $E_y = Z_e H_z$, unde $Z_e = \sqrt{\mu/\varepsilon}$ reprezintă *impedanța de undă* sau → *impedanța caracteristică*. Pentru vid, $Z_e = Z_0 = 377\ \Omega$. Dacă nu există u.e. inversă (reflectată de discontinuitățile mediului), densitatea de volum a energiei electromagnetice este egal repartizată între cîmpul magnetic și electric, $\mu H^2/2 = \varepsilon E^2/2$ (energiile cîmpului electric și cîmpului magnetic sînt egale).

unghi de defazaj, diferența dintre → *fazele* a două mărimi sinusoidale care variază cu aceeași frecvență.

unghi de pierderi, δ, complementul unghiului de defazaj dintre tensiunea aplicată la bornele unui → *condensator* real și curentul prin condensator, în regim sinusoidal. Tangenta trigonometrică a u.de p., tg δ, se numește → *factor de pierderi*.

unghi de sarcină → **mașină sincronă**.

unghi electric, unghiul de → *fază* a unei mărimi electrice sau magnetice sinusoidale. La **mașinile electrice**, u.e., α_e, este egal cu produsul unghiului de rotație a rotorului sau a unghiului de poziție pe stator (unghi geometric, α_g) cu numărul de perechi de poli, p, $\alpha_e = p\alpha_g$. Prin introducerea u.e. relațiile de studiu al mașinilor electrice au aceeași formă, indiferent de numărul de poli.

unitate de măsură → **sistem de unități**.

unități de măsură, electrice și magnetice, → *tabelul* 5 ; u.de m. fotometrice, → *tabelul* 6. Prefixele destinate formării multiplilor și submultiplilor zecimali ai u.de m., sînt prezentate în tabelul 7. Împreună cu unitatea de energie din SI, în fizică se folosește → *electronvoltul*, eV, a cărei valoare se stabilește experimental. De asemenea, în cazuri justificate, în fizica teoretică se folosesc u.de m. din sistemul CGS electromagnetic (neraționalizat), de ex., pentru intensitatea cîmpului magnetic (→ *oersted*), inducția magnetică (→ *gauss*), fluxul magnetic (→ *maxwell*).

uzină electrică, centrală electrică.

Tabelul 5

Unități de măsură electrice și magnetice

Mărimea			Unitatea de măsură		
Denumirea	Simbol	Relația de definiție	Denumirea	Simbol	Relația cu alte unități
Intensitatea curentului electric (curentul electric)	i, I	Mărime fundamentală	amper	A	Unitate fundamentală
Sarcina electrică (cantitatea de electricitate)	q, Q	$q = \int i\,dt$	coulomb	C	1 C = 1A · s
Densitatea de volum a sarcinii electrice (sarcina volumetrică)	ρ_v	$\rho_v = \lim_{\Delta v \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta v}$	coulomb pe metru cub	C/m³	
Densitatea de suprafață a sarcinii electrice (sarcina superficială)	ρ_s	$\rho_s = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta S}$	coulomb pe metru patrat	C/m²	
Intensitatea cîmpului electric	E	$E = \frac{F}{q}$	volt pe metru	V/m	1 V/m=1 N/c
Tensiune electrică Tensiune electromotoare Potențial electric	u, U u_e, U_e V	$U = \int \bar{E}\,\overline{dl}$	volt	V	1 V = 1 J/C
Inducție electrică (deplasare)	D	$\oint_{\Sigma} \bar{D}\,\overline{dS} = Q_{\Sigma}$	coulomb pe metru pătrat	C/m²	
Flux electric	ψ	$\psi = \int \bar{D}\,\overline{dS}$	coulomb	C	
Capacitate electrică	C	$C = \frac{Q}{U}$	farad	F	1 F = 1 C/V
Permitivitate	ε	$\varepsilon = \frac{D}{E}$	farad pe metru	F/m	
Moment electric dipolar	p	$p = lq$	metru-coulomb	m C	
Polarizație electrică	P	$P = \lim_{\Delta v \to 0} \frac{\Delta p}{\Delta v}$	coulomb pe metru pătrat	C/m²	
Densitate de curent electric	J	$J = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta i}{\Delta S}$	amper pe metru pătrat	A/m²	
Rezistență electrică Impedanță Reactanță	R Z X	$R = \frac{U}{I}$	ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A
Rezistivitate	ρ	$\rho = R\frac{S}{l}$	ohmmetru	Ωm	
Conductanță Admitanță Susceptanță	G Y B	$G = \frac{I}{U}$	siemens	S	1 S = 1 Ω⁻¹
Conductivitate	σ	$\sigma = \frac{1}{\rho}$	siemens pe metru	S/m	
Intensitatea cîmpului magnetic	H	$\oint \bar{H}\,\overline{dl} = NI$	amper pe metru (amperspiră pe metru)	A/m	
Tensiune magnetică Tensiune magnetomotoare Potențial magnetic	U_m U_{mm} V_m	$U_m = \int \bar{H}\,\overline{dl}$ $U_{mm} = NI$	amper (amperspiră)	A	
Inducție magnetică	B	$B = \frac{F}{lI}$	tesla	T	1 T = 1 N/Am
Flux magnetic	Φ	$\Phi = \int \bar{B}\,\overline{dS}$	weber	Wb	1 Wb = 1 Tm²
Potențial magnetic vector	$\bar{A}$	$\int \bar{A}\,\overline{dl} = \Phi$	weber pe metru	Wb/m	

Tabelul 5 (continuare)

Mărimea			Unitatea de măsură		
Denumirea	Simbol	Relația de definiție	Denumirea	Simbol	Relația cu alte unități
Inductivitate	L	$L = \frac{N\Phi}{I}$	henry	H	1 H = 1 Wb/A
Permeabilitate magnetică	μ	$\mu = \frac{B}{H}$	henry pe metru	H/m	
Moment magnetic	m	$m = Si$	amper metru patrat	$A \cdot m^2$	
Magnetizație	M'	$M' = \lim_{\Delta v \to 0} \frac{\Delta m}{\Delta v}$	amper pe metru	A/m	
Polarizație magnetică	M	$M = \mu_0 M'$	tesla	T	
Reluctanță magnetică	R_m	$R_m = \frac{U_m}{\Phi}$	amper pe weber	A/Wb	1 A/Wb = 1 H^{-1}
Permeanță	Λ	$\Lambda = \frac{1}{R_m}$	henry	H	
Densitate de energie electromagnetică	w	$w = \lim_{\Delta v \to 0} \frac{\Delta W}{\Delta v}$	joule pe metru cub	J/m^3	
Densitatea fluxului de energie electromagnetică (vectorul lui Poynting)	$\vec{S}$	$S = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta P}{\Delta S}$	watt pe metru patrat	W/m^2	
Putere instantanee Putere activă	P	$P = ui$ $P = UI\cos\varphi$	watt	W	1 W = 1 A · V
Putere reactivă	Q	$Q = UI\sin\varphi$	voltamper reactiv	var	
Putere aparentă	S	$S = UI$	voltamper	VA	
Putere deformantă	D	$D = \sqrt{S^2 - P^2 - Q^2}$	voltamper deformant	vad	*Obs.* Unitatea nu este unanim acceptată

Tabelul 6

Unități de măsură fotometrice

Mărimea			Unitatea de măsură		
Denumirea	Simbol	Relația de definiție	Denumirea	Simbol	Relația cu alte unități
Intensitate luminoasă	I	Mărime fundamentală	candelă	Cd	Unitate fundamentală
Flux luminos	Φ	$\Phi = I\Omega$	lumen	lm	1 lm = 1 Cd · sr
Iluminare	E	$E = \frac{\Phi}{S}$	lux	lx	1 lx = 1 lm/m^2
Luminanță (strălucire)	L	$L = \frac{I}{S}$	candelă pe metru patrat	Cd/m^2	
Radianță (emitanță)	R	$R = \frac{\Phi}{S}$	lux	lx	
Cantitate de lumină	Q	$Q = \Phi t$	lumensecundă	lm · s	
Cantitate de iluminare (expunere luminoasă)	Q_E	$Q_E = Et$	luxsecundă	lx · s	
Eficacitate luminoasă	η	$\eta = \frac{\Phi}{P}$	lumen pe watt	lm/W	

Tabelul 7

Multiplii și submultiplii unităților de măsură

Factorul de multiplicare	Prefixul	Simbolul	Factorul de multiplicare	Prefixul	Simbolul
10^{18}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	peta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^{9}	giga	G	10^{-6}	micro	μ
10^{6}	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^{2}	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	deca	da	10^{-18}	atto	a

V, simbol pentru → **potențial**.

V → **volt**.

VA → **voltamper**.

valoare efectivă, valoare echivalentă, sub aspectul efectului termic produs, a unei mărimi variabile (tensiune, curent). Dacă mărimea este sinusoidală, **v.e.** este egală cu valoarea maximă împărțită prin $\sqrt{2}$. **V.e.** este valoarea medie patratică a mărimii considerate, $A = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2\,dt}$. **V.e.** a unui curent alternativ sinusoidal $i = i_m \sin\omega t$ este $I = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i_m^2 \sin^2\omega t\, d(\omega t)} = \frac{i_m}{\sqrt{2}}$. Sin. *valoare eficace*.

valoare eficace, valoare efectivă.

valoare instantanee, valoare momentană.

valoare medie, valoare a unei mărimi variabile (tensiune, curent, putere) egală cu media aritmetică a valorilor momentane. În regim sinusoidal, **v.m.** se definește pentru o jumătate de perioadă, de ex., $U_{med} = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} u_m \sin\omega t\, dt = \frac{2}{\pi} u_m = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U$.

Valoarea medie a unui curent variabil este valoarea echivalentă sub aspectul sarcinii electrice transportate.

valoare momentană, valoarea pe care o ia, la un moment dat, o mărime variabilă. **V.m.** se notează cu litere mici (u, i, u_m, i_m). Sin. *valoare instantanee*.

Van de Graaf, Robert Jemison (1901—1967), fizician american, profesor universitar la Institutul Tehnologic din Massachusetts, creatorul mașinii electrostatice care-i poartă numele (→ *generatorul* **V.de G.**). Mașina, construită în 1933 și perfecționată în 1939 prin instalarea într-o carcasă cilindrică cu gaz sub presiune, destinată acceleratoarelor de particule, produce tensiuni de ordinul milioanelor de volți.

var → **voltamper reactiv.**

variator de tensiune alternativă → **contactor static.**

variator de tensiune continuă, mutator care modifică valoarea medie a unei tensiuni sub formă de impulsuri, practic fără pierderi. Prin închiderea și deschiderea periodică a circuitului, de regulă cu un contactor static, se aplică receptorului impulsuri de tensiune cu amplitudine constantă și durată sau frecvență variabilă. Valoarea medie a tensiunii este $U_{med} = U_b T_a / T$, unde U_b este tensiunea la bornele circuitului, T_a — durata de conectare, T — perioada de repetiție a impulsurilor. Cel mai simplu contactor static de curent continuu cu tiristoare este reprezentat în fig. 305. Aplicînd impuls de comandă tiristorului principal T_p, acesta intră în conducție și aplică tensiunea pe receptorul R; condensatorul de comutație C se încarcă cu polaritate indicată, prin rezistența R_a. Prin coman-

darea tiristorului auxiliar (de stingere) T_a, condensatorul polarizează invers tiristorul principal : curentul de sarcină din T_p scade brusc, iar la atingerea valorii de menținere I_H tiristorul se blochează ; prin tiristorul auxiliar, care rămîne în conducție, condensatorul se reîncarcă (cu polaritatea din paranteze), prin rezistența R, pregătindu-se să blocheze tiristorul auxiliar, la o nouă comandă pe poarta lui T_p. **V.de t.e.** utilizat la comanda prin impulsuri a motoarelor de tracțiune alimentate în curent continuu de la o sursă de tensiune constantă (de ex., de la o baterie de acumulatoare), are față de contactorul descris anterior, avantajul că tiristorul auxiliar nu conduce decît în perioada de comutație (fig. 306). La conectarea bateriei se comandă tiristorul auxiliar T_2 care încarcă, prin circuitul de sarcină, condensatorul C_1 cu polaritatea indicată în paranteză, după care T_2 se blochează. La momentul t_0 se comandă tiristorul principal T_1 care aplică sarcinii întreaga tensiune a bateriei și permite descărcarea condensatorului C_1 prin circuitul D_1L_1. Datorită caracterului oscilant al acestui circuit, tensiunea la bornele condensatornlui își inversează semnul (polaritatea fără paranteze). Condensatorul rămîne încărcat la valoarea U_{c10} (fig. 306,*b*), descărcarea lui în continuare fiind împiedicată de dioda D_1. Blocarea tiristorului principal T_1 se obține prin comandarea, la momentul t_1, a tiristorului auxiliar T_2, care aplică tensiunea condensatorului, polarizată invers, pe T_1 și îl blochează. Pînă la stingerea lui T_2, care are loc la momentul t_2, tensiunea condensatorului se adună cu tensiunea bateriei și se aplică pe sarcină, creîndu-se un vîrf de tensiune, după care condensatorul rămîne încărcat la valoarea U_1 (cu polaritatea din paranteze) și ciclul se repetă. După blocarea lui T_2 curentul motorului se închide în continuare prin dioda „de circulație liberă" D. Dacă se alege un raport convenabil între intervalele de conducție și de blocare a contactorului și o frecvență de comandă suficient de mare (de ordinul sutelor de Hz) se poate obține un curent neîntrerupt prin motor, ceea ce are repercusiuni favorabile asupra comutației și încălzirii motorului. Prin inversarea locului

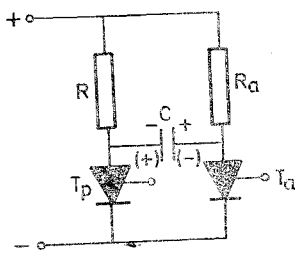


Fig. 305

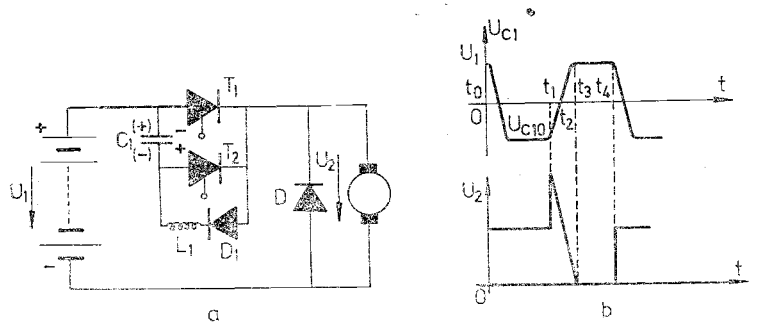


Fig. 306

contactorului cu al diodei D, se face frînare cu recuperare. Sin. *contactor static de curent continuu, chopper* (l. engleză *locător*).

variometru, dispozitiv format din două bobine în aer, cu carcasă neferomagnetică, una fixă și cealaltă mobilă, prin a cărei rotire în interiorul bobinei fixe se obține o inductivitate variabilă (mutuală sau rezultantă).

varistor, rezistor nelinear pe bază de carbură de siliciu (carborund), folosit la construcția → *descărcătoarelor* cu rezistență variabilă. La depășirea unei anumite valori a curentului, rezistența v. scade la valori neglijabile.

varmetru, instrument electric de măsurare a puterii reactive. Ca **v.** se pot folosi instrumente electrodinamice, ferodinamice sau de inducție (→ *instrumente electrice de măsură*), avînd în serie cu bobina mobilă (respectiv, cu bobina de tensiune) o bobină sau un condensator, care să defazeze cu 90° curentul față de tensiunea aplicată la borne. Din cauza reactanței inductive (ωL) sau capacitive ($1/\omega C$) din circuitul bobinei mobile, indicația v. este funcție de frecvență : $\alpha = KUI \sin\varphi/(\omega L) = KQ/(\omega L)$, respectiv $\alpha = KUIC\omega \sin\varphi = KQC\omega$, Q fiind puterea reactivă de măsurat. La unele **v.** (*v. compensate*), se folosesc două bobine de tensiune cuplate pe același ax, una în serie cu o bobină, cealaltă în serie cu un condensator (fig. 307). În jurul frecvenței de rezonanță, dată de relația $LC\omega^2 = 1$, indicațiile v. compensat depind puțin de frecvență. La montarea **v.** în circuit, se folosesc aceleași scheme ca la → *wattmetru*, bornele marcate fiind conectate înspre **sursă.** În *regim nesinusoidal* (deformant) **indicația v.** este afectată de erori **importante. V.** cu bobină defazoare dau **indicații** mai mici $\left(\alpha = K\sum_{\nu=1}^{\infty}(U_\nu I_\nu \sin\varphi_\nu)/\nu\right)$ iar **v.** cu condensatoare defazoare, indicații mai mari $\left(\alpha = K\sum_{\nu=1}^{\infty}\nu U_\nu I_\nu \sin\varphi_\nu\right)$ decît puterea reactivă reală, U_ν, I_ν fiind valorile efective ale armonicilor de tensiune și curent de ordinul ν, iar φ_ν — defazajul corespunzător. În sistemele trifazate, măsurarea puterii reactive se poate face cu → *wattmetrul*, conectat într-o schemă convenabilă. La schema din fig. 308, aplicabilă sistemelor trifazate simetrice, indicația wattmetrului trebuie înmulțită cu $\sqrt{3}$ și cu K_i (raportul de transformare al transformatorului de măsură de curent). În sistemele nesimetrice se folosește schema cu două

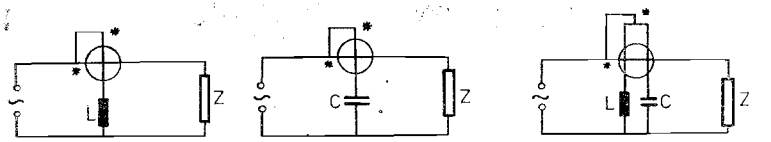


Fig. 307

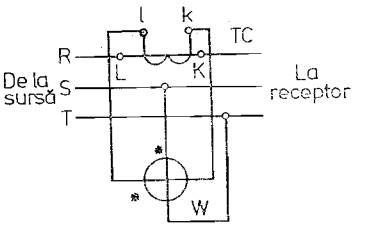


Fig. 308

wattmetre din fig. 309 cu respectarea riguroasă a conectării bornelor polarizate ale transformatoarelor de măsură, $Q = \sqrt{3} K_i K_u (P_{w1} + P_{w2})$, sau instrumente cu două dispozitive de măsurare montate pe același ax, la

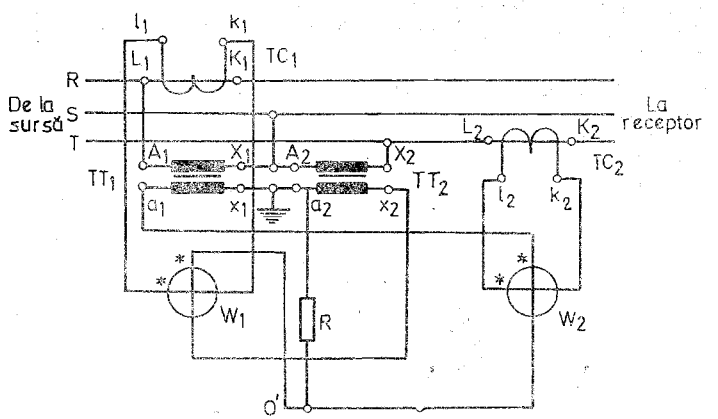


Fig. 309

care legarea la rețea se face mult mai simplu, evitîndu-se erorile de conectare.

varormetru, contor electric de măsurare a energiei reactive. V. de inducție este asemănător cu contorul de energie activă (→ *contor electric*), avînd o defazare convenabilă a curenților din circuitele de curent și tensiune. V. sînt, de regulă, trifazate, și se conectează la fel ca → *varmetrele* pentru circuite nesimetrice.

varsecundă, unitate de energie reactivă, egală cu energia reactivă schimbată pe la bornele unui circuit de curent alternativ, dacă în timp de o secundă circuitul primește sau cedează o putere reactivă constantă de 1 var.

Vasilescu-Karpen, Nicolae (1870—1964) inginer constructor și inginer electrician român. Profesor universitar la București. Membru al Academiei Române (1922). Contribuții în domeniul electrotehnicii, hidrodinamicii și al construcțiilor. Numeroase lucrări științifice de cercetare în teoria elasticității, aerodinamicii, termodinamicii, electromagnetismului, conversiei energiei, electrochimiei, telecomunicațiilor. A făcut studii privind reacția indusului la mașina de curent continuu și asupra efectului magnetic al corpurilor electrizate în mișcare. A stabilit rolul electronilor la transmiterea energiei electrice prin fire și existența electronilor liberi în electroliți. A realizat proiecte de centrale electrice și de electrificare a orașelor (Cîmpina, Constanța). În 1914 a instalat primul post românesc de radiotelegrafie, cu puterea de 150 kW și lungimea de undă de 11 000 m. A propus renunțarea la noțiunea (fictivă) de masă magnetică. A realizat pilele K., care contravin celui de al doilea principiu al termodinamicii, folosind exclusiv căldura mediului ambiant, fără să se producă vreo reacție chimică cu electrozii de platină utilizați.

vector, mărime caracterizată de o valoare numerică, numită modul și de o direcție și un sens. V. se reprezintă

grafic printr-un segment de dreaptă orientat, a cărui lungime este egală, la o anumită scară, cu modulul său. V. se notează cu bară deasupra literei ce simbolizează mărimea considerată, de ex., $\bar{A}$. Modulul v. se indică punînd simbolul între două bare verticale, $|A|$. V. care are modulul egal cu unitatea se numește *versor*. Dacă $\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$ sînt versorii axelor de coordonate rectangulare și A_x, A_y, A_z sînt componentele v. după cele 3 axe, $\bar{A} = A_x\bar{i} + A_y\bar{j} + A_z\bar{k}$. *Algebra vectorială* studiază operațiile cu v. *Adunarea* v. se face cu regula paralelogramului (fig. 310). Scăderea v. se poate

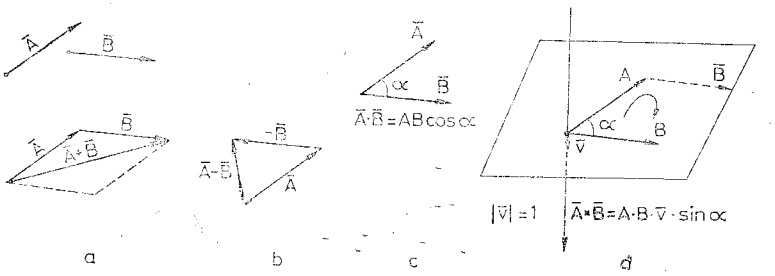


Fig. 310

transforma în adunare, adunînd v. ce trebuie scăzuți cu sens schimbat (fig. 310). *Produsul scalar* a doi v. se obține înmulțind modulele v. cu cosinusul unghiului dintre ei, $\bar{A} \cdot \bar{B} = AB \cos \alpha$ (fig. 310,*c*). *Produsul vectorial* a doi v. este un v., perpendicular pe planul format de cei doi v., avînd modulul egal cu produsul modulelor cu sinusul unghiului dintre ei, iar sensul, dat de regula burghiului (fig. 310,*d*). *Analiza vectorială* se utilizează la studiul → *cîmpului* electric și magnetic (→ *divergență*, → *gradient*, → *rotor*, → *operator*). Sin. *mărime vectorială*.

vectorul lui Hertz, potențial Hertz

vectorul lui Poynting ($\bar{S}$), vector proporțional cu produsul vectorial dintre intensitatea cîmpului electric, $\bar{E}$, și intensitatea cîmpului magnetic, $\bar{H}$, $\bar{S} = \bar{E} \times \bar{H}$, reprezentînd densitatea fluxului de energie electromagnetică. Puterea electromagnetică instantanee transmisă printr-o suprafață închisă Σ reprezintă fluxul v. lui P. prin acea suprafață, $\pi_\Sigma = \oint_\Sigma \bar{S}\, \overline{dA} = \oint_\Sigma \bar{S}\, \bar{n}\, dA$, unde, $\bar{n}$ este versorul normalei exterioare la suprafață (→ *energie* electromagnetică).

vectormetru, aparat electric folosit la măsurarea caracteristicilor mărimilor alternative, de regulă nesinusoidale (valori medii, factor de formă, unghi de defazaj etc.), constînd dintr-un redresor mecanic cu contacte și un milliampermetru magnetoelectric. În prezent, este înlocuit cu aparate electronice.

ventil semiconductor, dispozitiv electronic semiconductor în care se manifestă efectul de redresare (de trecere a curentului într-un singur sens; → *diodă*, → *tiristor*).

vibrator, invertor mecanic cu contacte, de putere mică, folosit, de ex., în instalațiile vechi de radioemisie-recepție de pe autovehicule, care transformă curentul continuu de tensiune joasă (de la baterie) în curent alternativ, tensiunea fiind ridicată cu ajutorul unui transformator și apoi redresată și filtrată. V. funcționează asemănător cu → *soneria* de curent

continuu, trecînd curentul bateriei, succesiv, prin două jumătăți ale înfășurării primare a transformatorului, cu ajutorul unei lamele vibrante cu două contacte. V. este înlocuit, în prezent, cu invertoare tranzistorizate.

volt (V) unitate de măsură a tensiunii electrice și a potențialului. În regim electrostatic, tensiunea electrică (coulombiană) între două puncte este de 1 V, dacă lucrul mecanic efectuat la deplasarea între cele două puncte a unui corp cu sarcină punctiformă de 1 C este egal cu 1 J, 1 V = 1 J/1 C. În regim electrocinetic, v. reprezintă valoarea tensiunii electrice staționare ce se stabilește între două puncte din lungul unui fir conductor, dacă la trecerea unui curent de 1 A, în conductorul dintre cele două puncte se dezvoltă, prin efect termic, o putere de 1 W, 1 V = 1 W/1 A.

Volta, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio conte (1745—1827), fizician italian. Profesor universitar la Pavia. Contribuții în electrostatică și electrocinetică. Constructor a numeroase dispozitive electrostatice : electroforul (1775), un electrometru sensibil (1781), un condensator (1782) etc. A respins teoria „electricității animale" a lui L. Galvani încă din 1793, arătînd că aceasta se produce numai dacă vin în contact metale diferite. A făcut o odonare calitativă a metalelor după potențialul de electrod (șirul tensiunilor electrochimice, dintre un metal și o soluție în contact cu metalul, numit *șirul lui V.*). Cercetări asupra electricității atmosferice. Creator al primei pile electrice (1800), fapt care a impulsionat cercetarea în domeniul electricității și magnetismului în sec. XIX (prima aplicație științifică a pilei lui **V.** a fost separarea prin electroliză a sodiului și potasiului, H. Davy, 1802). Numele lui **V.** a fost atribuit unității de tensiune electrică — *volt.*

voltamper (VA), unitate de măsură a puterii aparente. Un circuit dipolar de curent alternativ schimbă pe la borne o putere aparentă de 1 VA, dacă sub tensiunea de 1 V absoarbe un curent de 1 A, 1 VA = 1 A·1 V.

voltamperreactiv, var.

volt pe metru (V/m), unitate de măsură a intensității cîmpului electric, reprezentînd acea valoare a intensității unui cîmp electric omogen, pentru care, între două puncte aflate la distanța de 1 m de-a lungul unei linii de cîmp, există o tensiune de 1 V.

voltametru, coulombmetru.

voltampermetru, instrument de măsură universal, folosit atît ca voltmetru, cît și ca ampermetru, avînd mai multe domenii de măsurare, realizate cu diferite rezistențe adiționale și șunturi. Sînt de tip magnetoelectric, iar la măsurarea tensiunii și curentului alternativ, printr-un comutator, se introduce un redresor (fig. 311).

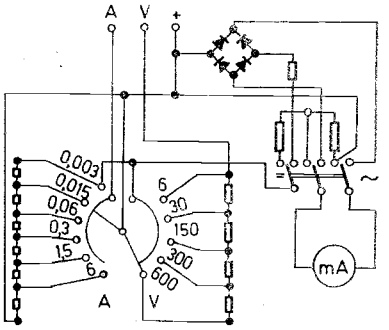


Fig. 311

voltmetru, instrument de măsurare a tensiunii electrice. Scara instrumentului este gradată în volți (la v.), milivolți (milivoltmetru) sau kilovolți (kilovoltmetru). **V.** se conectează la bornele între care trebuie măsurată tensiunea ; la măsurarea tensiunii unui element de circuit, v. se conectează în paralel cu acest element. Rezistența interioară a v. trebuie să fie mare în comparație cu rezistențele cu care

se leagă în paralel, pentru a avea un curent prin v. I_v cît mai mic, în scopul măririi preciziei măsurării și reducerii consumului propriu. Consumul v. se apreciază prin numărul de ohmi/volt ($1/I_v = R/U$), care trebuie să fie cît mai mare. Extinderea domeniului de măsurare se face cu → *rezistențe adiționale* conectate în serie cu v., iar la măsurarea tensiunilor alternative de valoare mare (peste 600 V) se folosesc → *transformatoare de măsură* de tensiune (fig. 312). La *V. electromagnetice* (feromagnetice), *electrodinamice* și *feredinamice*, avînd cuplul proporțional cu I_v^2 măsoară valori efective ale tensiunii. **V.** electromagnetic are consum propriu mare (100 Ω/V) și se folosește frecvent ca v. de tablou (15...600 V), cu rezistențe adiționale separate sau încorporate. În curent continuu, indicația acestor v. este afectată de erori datorită histerezisului magnetic. **V.** electrodinamic se folosesc ca v. de

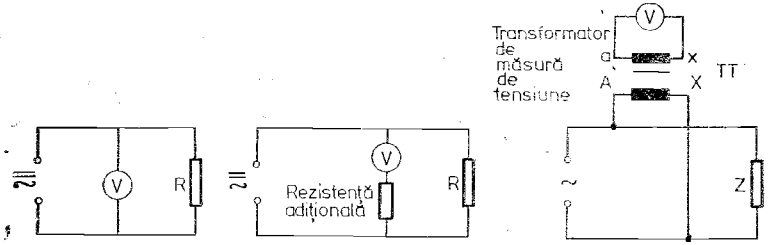


Fig. 312

măsurarea tensiunilor de frecvență ridicată trebuie luate măsuri de anulare a tensiunilor induse în conductoarele de legătură ale v. După modul de utilizare, v. pot fi : *portative, de laborator* sau *de tablou*. *V. magnetoelectrice* are cel mai redus consum propriu (10...100) kΩ/V și cea mai mare precizie dintre v. analogice (clasa 0,1 ; 0,2 ; 0,5 pentru v. de laborator și 1 ; 1,5 pentru v. industriale). **V.** magnetoelectrice măsoară valorile medii ale tensiunilor. La măsurarea tensiunilor alternative se folosesc redresoare încorporate, iar scara este gradată în valori efective (obținute prin înmulțirea valorilor medii cu factorul de formă din regim sinusoidal, $k_f = 1{,}11$). La măsurători în regim nesinusoidal (cu factori de formă diferiți), pentru valori efective trebuie asociat cu v. magnetoelectric un detector pătratic electronic, iar pentru valori de vîrf, un detector de vîrf. *V. electrostatice* au un consum propriu neglijabil și se folosesc în laborator (de ex., la măsurarea tensiunilor înalte). Măsurarea supratensiunilor sub formă de impulsuri de durată scurtă se face prin încărcarea unui condensator, printr-o diodă de tensiune inversă foarte ridicată, după care tensiunea de încărcare a condensatorului se măsoară cu v. electrostatic. Valorile instantanee ale tensiunii se măsoară cu → *osciloscopul* sau → *oscilograful.*

voltmetru electronic, aparat electronic de măsurare a tensiunilor continui sau alternative. V.e. este format, în principiu, dintr-un instrument indicator magnetoelectric, un divizor de tensiune cu care se modifică domeniul de măsurare, un redresor respectiv un detector electronic pătratic pentru valori efective și un amplificator, cu tuburi sau tranzistorizat. V.e. au impedanțe mari de intrare (de ordinul sutelor de MΩ), deci consum propriu neglijabil, sensibilitate ridicată, dar precizie relativ redusă (1...3%), din cauza dependenței parametrilor dispozitivelor semiconductoare de temperatură.

voltmetru numeric, aparat electronic de măsurare a tensiunii, cu afișare numerică (cu cifre) a valorii măsurate. În principiu, **v.n.** constă dintr-un *dispozitiv de intrare*, care conține un divizor de tensiune și un amplificator, pentru aducerea tensiunii de intrare în domeniul de măsurare, un *convertor analog-numeric*, care transformă tensiunea într-o informație numerică, în cod binar, sub formă de impulsuri codificate, un *decodor* (decodificator) al sistemului binar în zecimal și un *sistem de afișare*, cu tuburi cu gaze, diode electroluminescente sau cristale lichide.

W

W simbol pentru energie și lucru mecanic.

W → **watt.**

watt (W), unitate de măsură a puterii. Puterea de 1 W corespunde unui transfer de energie de 1 joule pe secundă, 1 W = 1 J/s.

wattmetru, instrument electric de măsurare a puterii, în curent continuu și a puterii active, în curent alternativ. Există mai multe tipuri de **w.**: *w. electrodinamice* (pentru curent continuu și alternativ); *w. de inducție* (numai pentru curent alternativ, la clasa de precizie 2,5); *w. electrostatice* (folosite, în special, la măsurarea pierderilor în fier, la inducții magnetice mici, sub 0,1 T); *w. cu redresor*; *w. termoelectrice* (puțin folosite, din cauza erorilor mari). *W. electrodinamic* are bobinele fixe cu număr redus de spire, de secțiune mare (bobine de curent, conectate în serie cu circuitul de măsurat), iar bobina mobilă, cu număr mare de spire, subțiri (bobina de tensiune, conectată la tensiunea de alimentare). *W. electrodinamice* au precizie ridicată (clasa 0,5), dar sînt influențate de cîmpurile magnetice exterioare. Aceste influențe se elimină la **w.** astatice, cu blindaj feromagnetic sau ferodinamice. Bobina de tensiune a **w.** se poate conecta în → *montaj amonte* sau în → *montaj aval* (fig. 313), erorile sistematice reprezentînd, în primul caz, puterea consumată de bobina de curent, iar în al doilea caz, de bobina de tensiune. Sensul de deviere a acului indicator depinde de sensul curenților prin bobine; pentru o deviație corectă (de la stînga la dreapta) este necesar ca bornele marcate (polarizate), de tensiune și de curent, să se conecteze înspre sursa de energie (fig. 313). Rezistența adițională separată, necesară în anumite cazuri (care trebuie să aibă clasa de precizie superioară clasei **w.**), trebuie astfel conectată încît să se evite aplicarea tensiunilor mari între bobina de curent și cea de tensiune (unul din capetele fiecărei bobine să fie la același potențial). Pentru a nu se depăși încălzirea admisibilă a bobinelor, **w.** au precizate domeniile (nominale) de curent, I_n, (unul sau două) și de tensiune, U_n (unul sau mai multe). La w. cu mai multe domenii de măsurare, constanta se determină cu relația $c_w = U_n I_n / \alpha_{max}$, unde α_{max} reprezintă numărul maxim de diviziuni al scării w. Pentru măsurarea puterii active a receptoarelor cu factor de putere redus (de ex., sub 0,2), se pot utiliza **w.** speciale, cu $\cos\varphi_n = P_n/(U_n I_n)$ redus, P_n fiind puterea maximă pe care o pot măsura, căci **w.** obișnuite, cu $\cos\varphi_n = 1$, dau, în aceste cazuri, erori mari, din cauza sensibilității reduse. La măsurarea puterii în circuite de curent alternativ cu tensiuni sau/și curenți care depășesc valorile nominale ale **w.**, se utilizează → *transformatoare de măsură*, de tensiune sau/și de curent (fig. 314), constanta de măsurare fiind obținută

Fig. 313

prin înmulțirea constantei w. cu rapoartele de transformare ale transformatoarelor de curent K_i, și de tensiune, K_u, $c = c_w K_i K_u$. Măsurarea puterii în circuitele trifazate se poate face cu

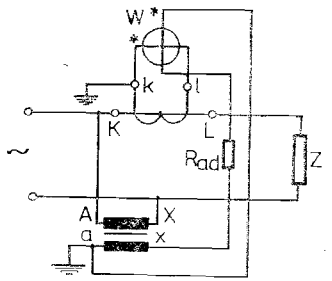


Fig. 314

un singur w. (dacă sistemul de tensiuni este simetric și rețeaua este echilibrată, cu sarcini egale pe toate fazele), sau cu mai multe w. (dacă sistemul este nesimetric sau neechilibrat). În primul caz, puterea fiind aceeași pe toate cele 3 faze, se măsoară puterea pe o singură fază (fig. 315), conectînd w. cu bobina de tensiune la tensiunea

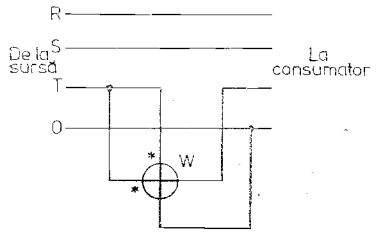


Fig. 315

de fază (la conductorul neutru respectiv la neutrul receptorului, sau, dacă neutrul este inaccesibil, de ex., la receptoarele conectate în triunghi și alimentate prin 3 conductoare, la un punct → *neutru* artificial, creat cu ajutorul a două rezistoare avînd rezistența egală cu a circuitului de tensiune al w.). Pentru a se obține puterea totală, indicația w. se înmulțește cu 3. La sistemele nesimetrice sau neechilibrate cu conductor neutru se aplică schema de măsurare cu 3 w., fiecare avînd bobina de tensiune conectată la tensiunea de fază corespunzătoare (fig. 316) iar la cele fără conductor neutru, schema cu două w. (fig. 317). W. de pe o fază se conectează la tensiunea de linie dintre faza respectivă și faza pe care nu se află w. În cazul cînd unul din cele două w. bate invers, i se modifică conexiunea la bobina de curent, pentru schimbarea sensului curentului, iar indicația sa se ia cu semnul minus. Puterea totală se obține făcînd suma algebrică a indicațiilor celor două w., $P = \pm P_{w1} \pm P_{w2}$. Schemele utilizate la măsurarea puterii active în circuitele trifazate se pot aplica și la măsurarea energiei active cu contoare de inducție, cu diferența că aceste contoare pot avea două sau 3 echipamente de măsurare pe același ax, însumîndu-se, cu semnele corespunzătoare, cuplurile care acționează asupra axului comun.

waltoră (Wh), unitate de măsură a energiei, egală cu 3600 J (1 Wh = = 1 W·1 h = 3600 Ws).

wattsecundă (Ws), **joule**.

weber (Wb), unitate de măsură a fluxului magnetic, reprezentînd fluxul inducției magnetice care, înlănțuind o spiră și descrescînd uniform pînă la zero în timp de o secundă, induce în acea spiră o tensiune electromotoare de 1 volt, 1 Wb = 1 V·1 s.

Weber, Wilhelm Eduard (1804—1891), fizician german. Profesor universitar la Halle și Göttingen. Studii privind fenomenele acustice, electrice și magnetice. Împreună cu K. F. Gauss a construit un telegraf (1833). A efectuat măsurători asupra magnetismului terestru, a stabilit (1846) formula

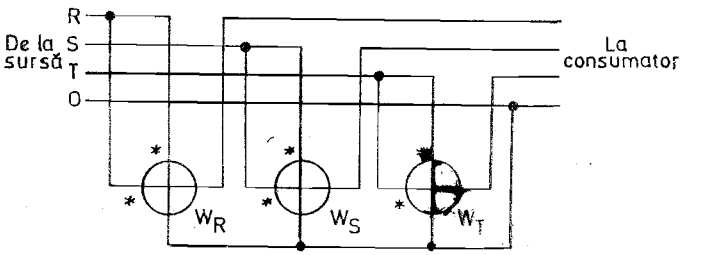


Fig. 316

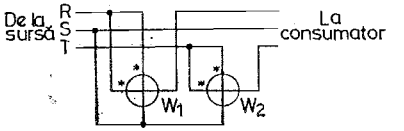


Fig. 317

forței exercitate de cîmpul magnetic asupra particulelor electrizate în mișcare, a construit primul model de electrodinamometru și a elaborat, împreună cu Gauss, sistemul electromagnetic de unități de măsură. Împreună cu **R. H. A. Kohlrausch (1856)** a determinat experimental raportul dintre unitatea de sarcină electrică, respectiv de curent electric, din sistemul electromagnetic și cel electrostatic, arătînd că este egal cu viteza luminii (1 franklin/s (unitatea de curent în sistemul CGSes) = $1/(3 \cdot 10^{10})$ biot (unitatea în CGSem = $1/(3 \cdot 10^{9})$ amper (MKSA)). Determinarea acestui raport a fost punctul de plecare în elaborarea teoriei electromagnetice a luminii. Numele lui **W.** a fost atribuit unității de flux magnetic — *weber*.

Wheatstone, Sir Charles (1802—1875), fizician și inventator englez. A construit mai multe tipuri de telegraf, introducînd (1837) la căile ferate un telegraf cu ace magnetice care imprimau literele în clar. Inventator (1843) al punții de măsurare a rezistențelor, folosită și azi *(puntea W.)*. A sugerat (1840) instalarea de cabluri telegrafice submarine și transmiterea pe cale electrică a orei oficiale la ceasurile publice, idee transpusă în practică în 1870. Descoperă, împreună cu C. F. Varley (1866) și independent de W. Siemens, autoexcitația generatoarelor de curent continuu.

wolfram, element chimic metalic cu cel mai mare punct de topire dintre metalele ductile, folosit în electrotehnică. Număr atomic 74; masa atomică 183,85; densitate 19,1 g/cm³; rezistivitate $5{,}5 \cdot 10^{-6}$ Ωcm, la 20°C, și $66 \cdot 10^{-6}$, la 2 000°C; punct de topire 3 400°C; punct de fierbere 5 930°C. Se extrage din minereuri sub formă de pulbere, de culoare cenușie. Prin presare sau sinterizare, se obțin bare de cca 1 mm, din care prin tragere în filiere speciale de mare duritate, se obțin fire cu diametre de ordinul 0,01 mm. Se poate suda și lipi. Datorită temperaturii ridicate de topire și a sublimării reduse, se utilizează la confecționarea filamentelor lămpilor cu incandescență sau a tuburilor electronice. **W.** se oxidează ușor în aer, motiv pentru care se folosește numai în vid înaintat sau în atmosferă de gaze inerte.

X, Z

X, simbol pentru → *reactanță*.

xerografie, metodă electrostatică de reproducere pe cale uscată a imaginilor, fără clișee negative sau materiale fotosensibile. Placa xerografică constă dintr-un strat semiconductor (cu seleniu) fotosensibil, care la întuneric este izolator, iar la lumină, conductor. Placa se electrizează, la întuneric, pe întreaga suprafață, cu sarcină pozitivă, cu ajutorul unor electrozi, de forma unor fire, alimentați în curent continuu la înaltă tensiune (10... ...20 kV). Prin expunere, într-o cameră fotografică, placa se descarcă, în funcție de luminozitatea imaginii de copiat; în locurile puternic expuse la lumină, placa se descarcă complet, iar în locurile slab expuse, se descarcă puțin. În locurile corespunzătoare imaginii, nefiind expusă, placa rămîne încărcată și atrage praful special cu care se va imprima hîrtia. Praful se electrizează cu sarcină negativă, în timp ce se varsă pe placă, și aderă la locurile ce n-au fost expuse, fiind atras de sarcinile pozitive rămase pe placă. După suprapunerea colii de hîrtie peste placa semiconductoare cu imaginea formată de praful depus, hîrtia se electrizează cu sarcină pozitivă și atrage praful-imagine. Hîrtia se introduce apoi într-un dispozitv de fixare, unde după o scurtă încălzire praful se topește și pătrunde în hîrtie, copiile obținute fiind de bună calitate și extrem de durabile (xerocopii).

Z, simbol pentru → *impedanță*

zăvor electromagnetic, dispozitiv folosit pentru împiedicarea manevrelor greșite ale separatoarelor cu acționare manuală (de ex., deschiderea sub sarcină). Z.e. constă dintr-un electromagnet, a cărui armătură comandă un organ mobil de blocare, care are în circuitul de alimentare a bobinei un contact auxiliar normal închis al întreruptorului automat din circuitul separatorului. Dacă întreruptorul este deschis, contactul său auxiliar este închis și permite alimentarea bobinei z.e. pentru deszăvorire.

zgomot, fenomen acustic care apare în apropierea echipamentelor electrice (mașini electrice rotative, transformatoare, bobine de reactanță cu miez de fier, electromagneți, linii aeriene de înaltă tensiune etc.), ca urmare a vibrației aerului sau diferitelor părți constructive. La mașinile electrice rotative, z. poate avea cauze aerodinamice (mișcarea turbionară a aerului antrenat de rotor, ventilația) sau cauze mecanice (vibrații la perii, frecări în lagăre, dezechilibrarea rotorului etc.). La transformatoare și bobine cu miez de fier, z. se produce din cauze magnetice, ca urmare a oscilațiilor tolelor determinate de forțe de magnetostricțiune sau forțe magnetice superficiale. Spectrul z. cuprinde frecvențe de 100 Hz (cu cea mai mare amplitudine), 200, 400 și 600 Hz. Nivelul de z. depinde de cantitatea de ulei, de construcția cuvei, de strîngerea pachetelor de tole și de fixarea lor de cuvă. La liniile electrice aeriene, z. se produce ca urmare a oscilațiilor mecanice ale conductoarelor în cîmpul magnetic alternativ și datorită → *efectului corona*.

zonă de influență a prizei de pămînt → **tensiune de atingere**.

zonă neutrală → **linie de contact**.

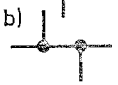
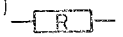
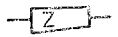
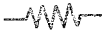
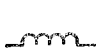
Simbolurile de notare a echipamentelor electrice

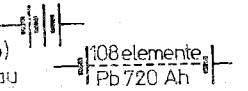
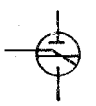
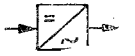
Simbol	Semnificație
a	Separatoare, întreruptoare manuale sau automate etc.
b	Comutatoare, chei și butoane de comandă, fișe de prize, contacte acționate neelectric (microîntreruptoare, limitatoare de cursă, termostate, presostate, indicatoare de nivel etc.)
c	Contactoare
d	Relee
e	Dispozitive de protecție (siguranțe fuzibile, declanșatoare)
f	Transformatoare de măsură
g	Instrumente de măsură
h	Avertizoare optice și acustice (lămpi de semnalizare, hupe etc.)
k	Condensatoare, bobine de reactanță, bobine de stingere etc.
m	Mașini electrice, transformatoare, amplificatoare magnetice
n	Aparate și instalații de redresare
p	Dispozitive semiconductoare și tuburi electronice (diode, tranzistoare, tiristoare etc.)
r	Rezistoare (de pornire, reglare, frînare), potențiometre, șunturi etc.)
s	Dispozitive de acționare (electromagneți, servomotoare etc.)
u	Instalații complexe
y	Elemente logice de comutație statică
v	Armături mecanice diverse (robinete, filtre etc.).

Principalele semne convenționale folosite în schemele instalațiilor electrice de utilizare

1. *Semne fundamentale folosite în electrotehnică* (după STAS 1590/1-71, 1590/2-71 și 1590/9-71)

Semn convențional	Denumirea
— sau =	Curent continuu, tensiune continuă
a) ~ b) ≈ c) ≋	Curent alternativ, tensiune alternativă : a) frecvență industrială ; b) frecvență acustică ; c) frecvență ultraacustică și radio
≂	Curent continuu și alternativ
⎓	Curent ondulat sau redresat
faza 1—*R* —*A* faza 2—*S* sau —*B* faza 3—*T* —*C*	Fazele unei rețele de curent trifazat
a) △ b) △	Înfășurare trifazată, conexiune în triunghi : a) închis ; b) deschis
a) Y b) Y	Înfășurare trifazată, conexiune în stea : a) cu punct neutru inaccesibil ; b) cu punct neutru accesibil
——	Conductă sau grup de conducte electrice
∿	Conductor sau cordon electric flexibil
n n	a) „n" conductoare separate cu același traseu tizic b) Fascicul cuprinzînd „n" conductoare
2*N*—220V / 2×50+1×25mm² Cu 3N—50Hz 380V / 3×125mm²Al+1×50mm² Cu	a) Circuit de curent continuu, 220 V, cu tensiunea între fiecare fir extrem și nul de 110 V b) Circuit trifazat cu fir neutru, 50Hz, tensiunea între faze 380 V

Semn convenţional	Denumirea
a) b) c)	Conductă sau cablu electric ecranat a) semn general; b) 2 conductoare; c) „n" conductoare
● sau o	Bornă, legătură între conductoare
a) sau b)  sau	Derivaţia conductoarelor: a) simplă; b) dublă
	Încrucişarea a două conducte sau grupe de conducte fără legătură electrică
a)  b)	Rezistenţă nereactivă a) semn preferat; b) semn admis
a)  b) 	Impedanţă: a) semn preferat; b) semn admis
a) b)	Inductanţă: a) semn preferat; b) semn admis
a)  b)	Înfăşurare: a) semn preferat; b) semne admise
	Capacitate — condensator
	Priză de pământ, legare sau punere la pământ
sau	Legare sau punere la masă (corp)

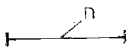
Semn convenţional	Denumirea
	Defect (de izolaţie etc.)
a) b)	Variabilitate: a) continuă; b) în trepte
	Rezistenţă reglabilă (cu cursor)
a) b) sau  108 elemente Pb 720 Ah	Acumulator a sau baterie de acumulatoare b (linia lungă reprezintă polul pozitiv)
a) b)	Redresor: a) semn general; b) cu semiconductoare
a) b)	Redresor comandat: a) semn general; b) cu semiconductoare
a) b) 	Tiratron a şi ignitron b
a) b) 	Mutator: a) redresor; b) invertor

2. *Semne convenţionale folosite în instalaţiile electrice interioare* (după STAS 1842-73)

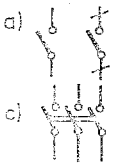
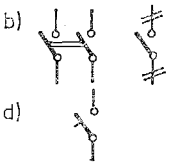
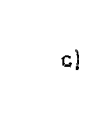
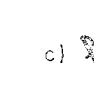
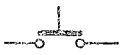
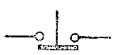
Semn convenţional	Denumirea
	Circuit electric de forţă şi de lumină Observaţii: 1. Coloanele de distribuţie se vor desena cu aceleaşi semne; 2. Pe circuit şi coloane se vor înscrie: — numărul conductoarelor, tipul acestora, secţiunea tubului de protecţie, diametrul acestuia şi indicaţii asupra modului de pozare (se

Semn convenţional	Denumirea
3AFY2,5 PEL Ø13,5 a 4AFY6 + FY4IPYØ28,4i	vor utiliza notaţiile: a — aparent; i — îngropat, mascat etc.). Exemple: Circuit cu 3 conductoare de aluminiu (AFY) de 2,5 mm² în tub PEL de 13,5 mm instalat aparent. Circuit cu 4 conductoare de aluminiu (AFY) de 6 mm² şi un conductor de cupru (FY) de 4 mm² în tub IPY de 28,4 mm, instalat îngropat (i).
—x—x—	Circuit de iluminat de siguranţă
—— - —— - ——	Circuit de protecţie
—— —— • —— ——	Circuit de comandă, semnalizare şi măsură
—— —— •• —— ——	Circuit telefonic
—R—R—	Circuit de radio-distribuţie
—C—C—	Circuit de ceasoficare
sau	Circuitul vine de sus sau merge în sus
sau	Circuitul vine de jos sau merge în jos
sau	Circuitul trece vertical prin încăpere
a) b) c)	Doze: a) de trecere; b) cu o derivaţie; c) cu două derivaţii
	Firidă de branşament

Semn convenţional	Denumirea
a) b) MD c) MI d) C	Tablouri de distribuţie: a) semn general; b) metalic deschis; c) metalic închis; d) capsulat
	Siguranţă fuzibilă (semn general) (raportul laturilor 1/2). Exemplu: circuit prevăzut cu trei siguranţe
	Siguranţă cu mare putere de rupere Exemplu: circuit prevăzut cu trei siguranţe
	Întreruptor cu siguranţă fuzibilă înglobată
	Separator cu siguranţă fuzibilă înglobată
a) b) c) d)	Accesorii pentru cabluri: a) cutie terminală; b) manşoane de joncţiune pentru cabluri de trecere; c) cu o derivaţie; d) cu două derivaţii
a) b) c)	Întreruptoare: a) monopolar; b) bipolar; c) tripolar
a) b) c)	Comutatoare: a) de grupă monopolar; b) de capăt; c) în cruce
a) b)	Buton de comandă — în general: a) schemă; b) vedere în plan
a) b)	Buton de comandă cu lampă de semnalizare înglobată (buton luminos): a) schemă; b) vedere în plan

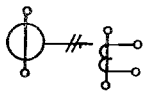
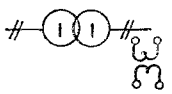
Semn convențional	Denumirea
a) b) c) d)	Prize: a) bipolară, semn general; b) dublă; c) cu contact de protecție; d) cu mai multe contacte, de exemplu 3
a) b)	Prize pentru curenți slabi: a) în general; b) pentru telefonie cu „n" contacte
$\frac{n-A-p_m}{c-h}$	Corp de iluminat cu lămpi cu incandescență. Exemplu: *n* este numărul corpurilor de iluminat *A* — indicativul conform catalogului *c* — numărul circuitului *h* — înălțimea de suspendare de la pardoseală *m* — comutatorul sau întreruptorul de comandă
	Corp de iluminat cu *n* lămpi fluorescente
a) b)	Lampă de semnalizare: a) semn general; b) pentru instalații de chemare (spitale, hoteluri)
	Lampă cu pilpâire
	Corp de iluminat pentru iluminat de pază
	Corp de iluminat pentru iluminat de siguranță
a) b) c)	Proiectoare: a) în general; b) cu lampă cu incandescență; c) cu lampă cu vapori de mercur

3. *Semne convenționale pentru aparate de conectare*
(după STAS 1590/6-71)

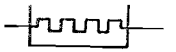
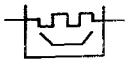
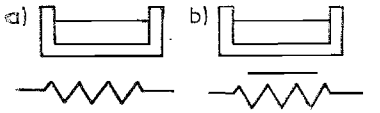
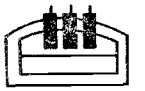
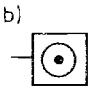
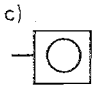
Semn convențional	Denumirea
a) b)	Contacte: a) normal închis; b) normal deschis
a) b)	Contacte cu temporizare: a) la închidere; b) la deschidere
	Contact de comutare cu întreruperea circuitului
a)  b)  c) d)	Întreruptoare de joasă tensiune: — cu pîrghie în aer: a) monopolar; b) bipolar; c) tripolar — automat (d)
a) b)	Întreruptoare de înaltă tensiune: a) semn general (raportul laturilor 1/1) b) automat (raportul laturilor 1/1,5)
a) b)  c)	Separatoare: a) semn general; b) separator de sarcină; c) separator de sarcină cu deschidere automată
a) b)  c)	Contactoare: a) normal deschis; b) normal închis; c) cu dispozitiv de protecție
a)  b) 	Buton de comandă cu revenire automată: a) contact normal deschis; b) contact normal închis

Semn convențional	Denumirea
a) b)	Bobină de releu : a) semn general ; b) cu o singură înfășurare

4. *Semne convenționale pentru aparate de măsurat*
(după STAS 1590/7-71 și 1590/4-71)

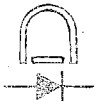
Semn convențional	Denumirea
a) b)	Aparat : a) indicator ; b) înregistrator
a) b) c)	Contor : a) semn general ; b) de energie activă ; c) de energie reactivă (raportul laturilor 1/1,3)
a) b) c)	Ampermetru *a*, voltmetru *b* și wattmetru *c*
a) b) c)	Varmetru *a*, cosfimetru *b* și fazmetru *c*
a) b)	Frecvențmetru *a* și ohmmetru *b*
a) sau b)	Osciloscop *a*, oscilograf *b*
a) b) c)	Galvanometru *a*, termometru *b* și tahometru *c*
a)  b) 	Transformatoare de măsură : a) de curent ; b) de tensiune

5. *Semne convenționale pentru utilaje electrotermice și aparate casnice*
(după STAS 7562-66 și 2878-64)

Semn convențional	Denumirea
	Aparat de încălzit cu rezistoare în carcasă deschisă
	Radiator termic în carcasă deschisă cu reflector
a)  b)	Cuptor de inducție : a) cu creuzet (fără miez de fier) b) cu canal (cu miez de fier)
	Cuptor cu arc cu acțiune directă (cu șarjă conductoare)
	Baie electrochimică
a) b)  c) 	Mașină de gătit *a*, de spălat rufe *b*, de spălat vase *c*
a) b) c)	Răcitor electric *a*, ventilator *b*, aspirator *c*

6. *Semne convenționale pentru indicarea principiilor de funcționare a instrumentelor electrice de măsurat*

Semn convențional	Denumirea
	Magnetoelectric

Semn convenţional	Denumirea
	Magnetoelectric cu redresor
	Magnetoelectric cu termocuplu
	Magnetoelectric cu magnet mobil
	Logometru magnetoelectric
	Feromagnetic
	Logometru feromagnetic
	Electrodinamic
	Logometru electrodinamic
	Ferodinamic
	Logometru ferodinamic
	De inducţie

Semn convenţional	Denumi ea
	Electrostatic
	Termic cu fir cald
	Bimetalic
	Cu lame vibrante

REPERE CRONOLOGICE

cca **600** î.e.n. Învățații greci, printre care Tales din Milet (624—546 î.e.n.) descriu electrizarea prin frecare.

1600 → *W. Gilbert* recunoaște electricitatea ca un fenomen al naturii și construiește primul electroscop.

1663 → *Otto von Guericke* construiește prima mașină electrostatică, cu un glob de sulf, care prin frecare produce scîntei.

1706 Francis Hawksbee (1650—1713) perfecționează mașina lui O. Guericke, înlocuind sferele de sulf cu sfere de sticlă.

1729 În experiențele sale Stephen Gray (1670—1736) transportă electricitatea prin fire conductoare, la o distanță de cca 85 m, precizînd noțiunile de conductor și izolator.

1733 C. F. C. Du Fay (1638—1739) deosebește două feluri de electricitate: sticloasă și rășinoasă.

1745 P. van Musschenbroek (1692—1761) și E. G. von Kleist (1700—1748) construiesc, independent unul de altul, primul condensator: butelia de Leyda.

1747 → *J. A. Nollet* construiește un electroscop.

1752 → *B. Franklin* construiește paratrăsnetul.

1780 → *L. Galvani* descoperă curentul electric (experiența cu piciorul de broască).

1785 → *Ch. A. de Coulomb* stabilește formula forței electrostatice.

1792 → *A. Volta* explică cauza apariției curentului electric și construiește *în anul 1800* primul element galvanic.

1802 V. Petrov (1761—1834) produce primul arc electric, alimentat de o baterie formată din 2 100 perechi de plăci de cupru și zinc, separate prin hîrtie îmbibată în electrolit.

1811 → *H. Davy* pune bazele electrochimiei.

1820 → *H. C. Oersted* descoperă fenomenul de producere a cîmpului magnetic cu ajutorul curentului electric.

— → *A. M. Ampère* explică fenomenele electromagnetice și pune bazele electrodinamicii.

1821 T. Seebeck (1770—1831) descoperă efectul termoelectric direct.

1824 D. Poisson (1781—1840) publică lucrarea „Memoire sur la théorie du magnétisme", în care pune bazele magnetostaticii.

1825 W. Sturgeon inventează electromagnetul.

1826 → *G. S. Ohm* descoperă legea ce-i poartă numele, care stabilește legătura dintre intensitatea curentului, tensiune și rezistență.

1828 G. Green (1793—1841) publică lucrarea „An Essay on the Application of Mathematical Analysis" în care aplică analiza matematică la cercetarea fenomenelor electrice și magnetice (*formula Green*, de legătură între integrala de linie și cea de suprafață, în plan).

1831 → *M. Faraday* descoperă inducția electromagnetică. Dispozitivul format dintr-un miez feromagnetic și două bobine poate fi considerat primul transformator electric.

1832 H. Pixii (1808—1835) construiește primul generator rotativ de curent alternativ, acționat manual și, mai tîrziu, obține curent continuu, folosind pentru comutație un dispozitiv imaginat de A. M. Ampère.

1833 W. Ritchie (1790—1837) construiește motorul de curent continuu cu colector și excitație cu electromagneți.

— → *E. Lenz* enunță principiul reversibilității mașinilor electrice (posibilitatea funcționării atît ca motor, cît și ca generator).

1834 → *M. H. Iakobi* construiește un motor alimentat de la baterie cu care acționează o barcă pe Neva.

— → *J. Peltier* descoperă efectul termoelectric invers.

— → *M. Faraday* enunță legea electrolizei.

1838 C. G. Page (1812—1868) folosește pentru excitație o mașină magnetoelectrică.

— R. Davidson construiește prima locomotivă electrică (5 t, 6 km/h).

1839 W. R. Grove (1811—1896) descoperă principiul convertorului electrochimic (pila cu combustie), aplicat în practică pentru prima dată în 1965, la nava spațială Gemini.

— → *M. H. Iakobi* inventează galvanoplastia.

1841 → *J. P. Joule* stabilește legea transformării energiei în conductoare (cantitatea de căldură degajată la trecerea curentului electric printr-un conductor).

1843 → *Ch. Wheatstone* construiește punțea de măsură ce-i poartă numele.

1844 → *J. Foucault* construiește prima lampă cu arc electric.

1845 → *G. R. Kirchhoff* stabilește teorema, care-i poartă numele, referitoare la ramificarea curenților.

1851 H. D. Ruhmkorff (1803—1877) construiește bobina de inducție cu scinteI, ale cărei elemente constructive vor servi la construcția transformatoarelor.

1854 H. Goebel (1818—1893) construiește prima lampă cu incandescență.

— G. Stokes (1819—1903) stabilește formula, ce-i poartă numele, de transformare a integralei curbilinii, în spațiu.

1859 G. R. Planté (1834—1889) construiește primul acumulator cu plumb.

1860 → *A. Pacinotti* construiește o mașină magnetoelectrică de curent continuu cu înfășurarea indusului în inel și un colector cu mai multe lamele.

1865 → *J. C. Maxwell* elaborează teoria propagării undelor electromagnetice.

1866 → *W. Siemens* descoperă principiul autoexcitației mașinilor electrice.

1872 *Fr.* von Hefner-Alteneck (1845—1904) construiește indusul mașinii de curent continuu cu înfășurare în tambur, folosită și astăzi.

1873 → *J. C. Maxwell* publică "Treatise on Electricity and Magnetism", în care pune bazele legilor electromagnetismului.

1874 → *Z. T. Gramme* construiește mașina comutatoare cu indusul în inel și două înfășurări.

— A. N. Lodighin (1847—1923) instalează la Petersburg (azi Leningrad, U.R.S.S.) 200 de lămpi cu incandescență, prima instalație de iluminat electric de acest fel.

1876 P. N. Iablocikov (1847—1894) construiește lampa cu arc electric de curent alternativ alimentată de bobine de inducție.

1877 G. Leclanché (1839—1882) construiește elementul galvanic care-i poartă numele.

1878 → *W. Siemens* inventează cuptorul de topire cu arc electric și realizează un pirometru cu rezistență de înaltă temperatură (*1880*)

1879 → *T. A. Edison* fabrică lampi cu filament de cărbune, avînd un soclu cu filet (*soclu Edison*) și instalația aferentă (comutator, siguranță fuzibilă, contor de energie).

— → *E. H. Hall* descoperă efectul ce-i poartă numele.

1879 La propunerea lui → *W. Siemens*, „Asociația electricienilor germani" adoptă denumirea de *electrotehnică* pentru noua ramură a tehnicii, denumire generalizată imediat în toate țările.

1881 Se pun în funcțiune primele tramvaie electrice la Paris (cu fir de contact) și la Berlin (cu alimentare prin ambele șine).

1882 Este dată în exploatare prima centrală electrică oficială construită de → *T. A. Edison* la New York, cu generatoare de curent continuu (540 kW), care alimentează instalația de iluminat public.

— E. Weston (1850—1931) patentează înfășurarea mașinilor electrice în două straturi, iar la *1892* elementul nepolarizabil, utilizat, din 1908, ca element galvanic etalon pentru tensiune.

— Se experimentează primul troleibuz, pe linia Berlin—Halensee.

— Se instalează la București primele generatoare electrice.

— → *G. Ferraris* și N. Tesla (1853—1943) descoperă, independent, cîmpul magnetic învîrtitor.

— → *M. Deprez* transportă energia electrică de curent continuu pe o distanță de 57 km (Wiesbach-München) cu prilejul Expoziției internaționale de electricitate.

1883 Elihu Thomson (1853—1937) stabileşte principiul motorului cu repulsie, iar în **1887** realizează procedeul de sudare electrică prin rezistenţă.

1884 → *J. H. Poynting* emite teorema energiei electromagnetice (→ *vectorul lui Poynting*).

— K. Deri (1854—1938), O. T. Blaty (1860—1938) şi K. Zipernowski (1853—1942) perfecţionează transformatorul de putere, construit de Goulard şi Gipps, prin închiderea circuitului magnetic, şi patentează, în **1885**, conectarea transformatoarelor în paralel.

— Se dă în exploatare prima centrală electrică de curent alternativ din ţara noastră, la Timişoara, care este primul oraş din Europa cu iluminat electric al străzilor.

1885 → *G. Ferraris* construieşte primul motor asincron bifazat.

1886 P. L. T. Héroult (1863—1914) şi C. M. Hall (1863—1914) patentează, independent, procedeul de obţinere a aluminiului prin electroliza aluminei dizolvate în criolit topit.

1887 Experienţele lui → *H. Hertz* pun în evidenţă undele electromagnetice.

1888 F. A. Haselwander construieşte un generator trifazat, cu indus în formă de inel şi cu poli interiori.

1889 → *M. Dolivo-Dobrovolski* construieşte primul motor asincron trifazat cu colivie simplă şi motorul cu dublă colivie.

— La Timişoara este pus în circulaţie primul tramvai electric din ţara noastră.

— Se construieşte uzina hidroelectrică de la Grozăveşti, pentru alimentarea iluminatului public din Bucureşti (din 1890) şi a tramvaiului electric (din 1894).

1890 → *M. Dolivo-Dobrovolski* inventează transformatorul trifazat cu cuplaj magnetic între cele trei coloane şi rotorul bobinat al motorului asincron.

— S. Bergmann construieşte tubul izolant de protecţie pentru conducte electrice.

— La Londra se construieşte metroul sub Tamisa.

1891 Se dă în exploatare linia de înaltă tensiune trifazată, de 15 kV, 220 kW, cu lungimea de 175 km (Lauffen—Frankfurt pe Main), cu un randament de 75%.

1893 Se pune în funcţiune prima centrală de curent alternativ la Chicago, instalată de N. Tesla.

— Se electrifică prima comună din ţara noastră (Topleţ, jud. Caraş Severin).

1894 Se construiesc primele transformatoare folosind tole de tablă silicioasă.

1895 Se construieşte Centrala hidroelectrică de la Cascada Niagara, echipată cu generatoare bifazate de 3675 kW.

1896 → *D. Hurmuzescu* construieşte electroscopul cu dielectrină.

1897 Se introduce acţionarea cu motoare electrice a instalaţiilor de foraj-extracţie de pe valea Prahovei.

1898 Se instalează centrala hidroelectrică de la Sinaia.

1899 Se realizează prima acţionare electrică (la maşini de treierat) din ţara noastră (lîngă Sibiu).

1900 F. A. Kjellin (1872—1910) construieşte primul cuptor industrial de inducţie, pe baza modelelor experimentale create de către Ferranti şi Colby, în 1885, independent.

1901 Jungner inventează acumulatorul feronichel, perfecţionat în 1914 de Edison.

1902 C. Hewitt (1861—1921) inventează redresorul cu vapori de mercur.

— R. A. Bosch (1861—1942) inventează dispozitivul magnetoelectric de aprindere electrică la motoarele cu ardere internă.

— G. Westinghouse (1846—1914) introduce tracţiunea electrică monofazată la înaltă tensiune pe linia Washington—Baltimore-Annapolis.

— Primul grup diesel (120 CP) la centrala electrică din Craiova.

1904 J. A. Flemming (1881—1955) inventează dioda electronică cu vid.

1905 A. B. Field elaborează teoria efectului pelicular.

1906 → *A. Einstein* explică efectul fotoelectric cu ajutorul teoriei cuantelor de lumină.

— Se pune în exploatare prima centrală geotermică din lume (Italia, Lardello).

— Se fondează, la Philadelphia, Comisia Electrotehnică Internaţională (IEC).

— Începe construcţia centralei electrice de la Filaret, cu motoare diesel de 675 CP, cele mai mari din acel timp.

1911 → *H. Kammerling-Ones* descoperă supraconductivitatea.

1913 Se realizează electrificarea căii ferate Arad—Ghioroc—Pîncota—Radna (58,4 km) în curent continuu şi vagoane motoare.

1920 În U.R.S.S. se elaborează planul de electrificare GOELRO.

1924 România este membru fondator al Comisiei Mondiale a Energiei.

1927 → *C. I. Budeanu* publică lucrarea „Puissances réactives et fictives", în care se introduce pentru prima oară în lume noţiunea de putere deformantă.

1930 Comisia Electrotehnică Internaţională (IEC) adoptă o serie de unităţi de măsură, printre care şi voltamperul reactiv propus de C. I. Budeanu.

1932 Intră în funcţiune prima centrală electrică eoliană, de 100 kW (U.R.S.S., Crimeea).

1934 În S.U.A. se fac primele încercări de utilizare a tolelor laminate la rece (cu cristale orientate) în construcţia transformatoarelor.

1949 Se experimentează primul tranzistor (Laboratoarele Bell, S.U.A).

1949 Se înfiinţează la Craiova, uzinele Electroputere.

1950 Se adoptă planul decenal (1951—1960) de electrificare a țării noastre.

1954 Se dă în exploatare prima centrală electrică nucleară (U.R.S.S.), cu o putere de 5 MW.

1954—1958 În țara noastră se realizează sistemul energetic național unic, prin interconectarea a 7 sisteme energetice regionale care funcționau independent (sistemul Dobrogea este interconectat în 1960).

1956 În Anglia se dă în exploatare prima centrală electrică nucleară de mare putere (140 MW inițial).

1957 Se utilizează pentru prima dată convertorul fotoelectric pe sateliți (satelitul meteorologic Vanguard, lansat în 1959).

1958 Se realizează tiristorul (Laboratoarele General Electric, S.U.A.),

1959 Se experimentează primul convertor termoelectric, încălzit prin dezintegrare radioactivă (denumit System for Nucleary Auxilliary Power), utilizat la sateliți, faruri maritime, stațiuni meteorologice polare etc.

1963 Se pune sub tensiune prima linie de 220 kV (Bicaz—Luduș), iar în *1965*, prima linie de 400 kV.

— Se face paralelul cu sistemul energetic interconectat al țărilor socialiste din CAER.

1966 În Bretagne (Franța), se dă în exploatare prima centrală electrică maremotrică (340 MW).

1967 Intră în funcțiune primul generator sincron de 1 000 MW (S.U.A.).

1972 Intră în funcțiune hidrocentrala Porțile de Fier I (1 050 MW în partea românească și 1 050 MW în partea iugoslavă).

1975 Începe construcția metroului din București.

1977 La termocentrala Rovinari intră în funcțiune primul grup de 330 MW fabricat în țara noastră.

1984 Primul grup de la hidrocentrala Porțile de Fier II produce energie electrică.

Tehnoredactor: MARILENA DĂMĂSCHINOPOL

Coli de tipar: 25
Bun de tipar: 24.05.1988

c. 83—I. P. „INFORMAȚIA"
Str. Brezoianu, nr. 23—25
București